



TESIS - TE - 142599

***PERHITUNGAN DAMAGE DAN EXPERIENCE
DINAMIS BERDASARKAN KEMAMPUAN PEMAIN
MENGUNAKAN FUZZY INFERENCE SYSTEM***

FAJAR HARIADI
NRP. 2213205016

DOSEN PEMBIMBING
Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



Thesis - TE - 142599

RULE BASED SCORING FOR REAL TIME STRATEGY (RTS) GAME BASED ON FUZZY LOGIC SYSTEM

Vina Oktaviani

2213205007

SUPERVISOR

Mochamad Hariadi, ST., M. Sc, Ph. D

Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT

MAGISTER PROGRAM

INTELLIGENT NETWORK EXPERTISE MULTIMEDIA

PROGRAM GAME TECHNOLOGY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2015

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:
Fajar Hariadi
NRP. 2213205016**

**Tanggal Ujian : 16 Juni 2015
Periode Wisuda : September 2015**


Disetujui oleh :


**1. Mochamad Hariadi, S.T., M. Sc., Ph. D.
NIP. 196912091997031002**

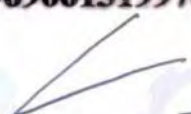
(Pembimbing I)


**2. Dr. Supeno Mardi Susiki N, S.T., M.T.
NIP. 197003131995121001**

(Pembimbing II)


**3. Dr. Surya Sumpeno, S.T., M.Sc.
NIP. 196906131997021003**

(Penguji)


**4. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T.
NIP : 196806011995121009**

(Penguji)



Direktorat Program Pasca Sarjana


**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 196404051990021001**

PERHITUNGAN DAMAGE DAN EXPERIENCE DINAMIS BERDASARKAN KEMAMPUAN PEMAIN MENGGUNAKAN FUZZY INFERENCE SYSTEM

Nama Mahasiswa : Fajar Hariadi
NRP : 2213205016
Supervisor : Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D
Co-Supervisor : Dr. Supeno Mardi SN, ST., MT

ABSTRAK

Sistem perhitungan damage dan experience memiliki peranan penting dalam game. Pada game RTS perhitungan damage digunakan sebagai acuan tingkat kerusakan yang mampu diberikan pasukan ketika menyerang, dalam game hal ini dicapai dengan mengurangi nilai health point unit yang diserang, berdasarkan pengurangan nilai health point sebesar damage ini system mekanik game mampu mengenali kapan sebuah bangunan hancur atau seorang pasukan mati ketika diserang. Nilai experience menunjukkan tingkat kemahiran seorang pemain dalam bermain game sehingga pemain yang sudah mahir tentunya memiliki nilai experience yang lebih besar dari pemain amatir. Perhitungan damage dan experience pada umumnya menggunakan logika tegas sehingga nilai yang dihasilkan dalam game tidak realistis dan tidak dinamis. Oleh karena itu sistem perhitungan damage dan experience menggunakan system inferensi fuzzy ini dibuat untuk menciptakan sistem perhitungan damage dan experience yang dinamis dan tampak realistis. Sistem perhitungan damage fuzzy terdiri dari dua bagian utama yaitu nilai damage statis dan dinamis ($\pm 50\% \times \text{nilai statis}$). Nilai dinamis ini berubah-ubah sesuai nilai parameter health, range, selisih level dan skor penyerangan sebelumnya. Sistem perhitungan experience juga bersifat dinamis sesuai dengan seberapa efektif strategi yang digunakan. Strategi ini direpresentasikan dengan nilai parameter selisih level, waktu penyerangan, persentase bangunan hancur dan troop yang tersisa. Hasil pengujian yang dilakukan sistem perhitungan fuzzy inference system mampu menurunkan atau menaikkan nilai damage dan experience yang dihasilkan berdasarkan kondisi troop, kondisi pemain dan strategi yang digunakan. Selain menggunakan fuzzy inference system sistem perhitungan yang dinamis juga dapat dicapai menggunakan persamaan linear. Sistem fuzzy inference system dan persamaan linear memiliki karakteristik yang berbeda sehingga pada beberapa kasus sistem perhitungan fuzzy inference system memberikan hasil yang lebih baik.



DYNAMIC DAMAGE AND EXPERIENCE CALCULATION BASED ON PLAYER SKILL USING FUZZY INFERENCE SYSTEM

Nama Mahasiswa : Fajar Hariadi
NRP : 2213205016
Supervisor : Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D
Co-Supervisor : Dr. Supeno Mardi SN, ST., MT

ABSTRACT

Damage and experience are important in game. In RTS game, damage are used to decrease health point of some unit when attacked. Experience is used to see how good the player in game. Usually, damage and experience calculation are using crisp logic. It make game feel static and unrealistic. Therefore damage and experience calculation system created fuzzy inference system to make game more realistic and dynamic. Fuzzy Inference System damage calculation consist of two parts which are static damage and dynamic damage ($\pm 50\% \times \text{static damage}$). This dynamic value of damage can increase or decrease base on several parameters (health, range, level differences, and the last score). Experience calculations also dynamic base on strategy used to win the game. The value of strategy represented by the level differences, attack duration, percentage of building destruction, and how many troops left when the attack is over. The result show that damage and experience calculation using fuzzy inference system are capable to make damage game more dynamic and realistic. Alongside of fuzzy inference calculation system, linear equation system also can make damage and experience calculation dynamic. But both have a different characteristic but in some cases fuzzy inference system are make better results.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kasih karunia Tuhan Yesus Kristus, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis berjudul “*PERHITUNGAN DAMAGE DAN EXPERIENCE DINAMIS BERDASARKAN KEMAMPUAN PEMAIN MENGGUNAKAN FUZZY INFERENCE SYSTEM*” ini dengan baik.

Tesis ini disusun guna memenuhi *persyaratan* untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada bidang konsentrasi Teknologi Permainan, bidang studi Jaringan Cerdas Multimedia, jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pengerjaan dan penulisan Tesis ini dapat diselesaikan karena banyaknya peranan berupa perhatian dan bantuan dari rekan-rekan, para dosen dan kerabat yang dengan ikhlas meluangkan waktu dan pikirannya untuk membantu penulis. Beberapa pihak yang penulis sebutkan berperan besar dalam penyusunan Tesis ini. Oleh karena itu terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan untuk:

1. Bapak Samuel Samsudin dan Ibu Kalimah yang selalu memberikan inspirasi dan semangat kepada setiap anak-anaknya. Beribu terima kasih untuk segala pengorbanan yang dilakukan dan doa yang diberikan dalam membantu penulis menyelesaikan studi ini.
2. Amalia Artati, Vincent Irawan dan Elia Elisabeth sebagai saudara yang selalu setia menemani, memperhatikan dan memberikan uluran tangannya kepada penulis.
3. Dirjen DIKTI yang telah memberikan beasiswa penuh untuk menempuh jenjang studi ini.
4. Moch. Hariadi, ST., M. Sc, Ph. D alias Pak Har sebagai pembimbing 1 yang banyak membuka wawasan penulis dan membimbing serta membantu penyelesaian Tesis.
5. Dr. Supeno Mardi SN, ST., MT alias Pak Uki sebagai pembimbing 2 yang telah banyak membimbing dan memberikan pengetahuan yang luar biasa. Terima kasih untuk setiap jawaban dari banyak pertanyaan penulis dan setiap waktu yang habis menghadapi keluhan dari penulis.

6. Teman-teman GameTech terutama angkatan 2013, 2012 dan 2014 yang telah meluangkan waktu bersama untuk saling berdiskusi, untuk setiap kegilaan yang kita lakukan, untuk setiap kopi yang kita teguk, untuk setiap panik yang kita nikmati. Karena banyaknya kontribusi dari teman-teman, penulis tidak mampu menguraikan kebaikan mereka di lembar Kata Pengantar ini.

7. Pak Man sebagai informan status keberadaan para dosen.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa hasil karya ini sangatlah jauh dari sempurna. Walaupun penulis menganggapnya sebagai pencapaian yang luar biasa tapi tentulah masih banyak kekurangan yang dapat dikoreksi oleh pihak lain. Kritik, saran, maupun studi lebih lanjut dari topik yang penulis sajikan sangat membuat penulis bahagia.

Surabaya, Juni 2015

Penulis.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 <i>Real Time Strategy</i>	5
2.2 <i>Skenario dalam Game</i>	5
2.2.1 <i>Skenario Game Non-Perang</i>	6
2.2.2 <i>Skenario Game Perang</i>	6
2.3 <i>Strategi dalam Game</i>	7
2.3.1 <i>Strategi Menyerang</i>	7
2.3.2 <i>Strategi Bertahan</i>	8
2.3.3 <i>Strategi Menghindar</i>	8
2.4 <i>Operasi Penyerangan</i>	8
2.5 <i>Agent atau Non Player Character</i>	9
2.6 <i>Konsep Perhitungan Damage dan Experience</i>	10
2.7 <i>Perhitungan Berdasarkan Logika Tegas</i>	11
2.8 <i>Perhitungan Berdasarkan Persamaan Linear</i>	12
2.9 <i>Perhitungan Damage dan Experience Clash of Clans</i>	12
2.10 <i>Perhitungan Damage dan Experience Dinamis</i>	13

2.11	<i>Rule Base Theory</i>	14
2.12	<i>Fuzzy Logic</i>	16
2.12.1	Himpunan Fuzzy	17
2.12.2	Fungsi Keanggotaan	18
2.12.3	Operasi - Operasi pada Himpunan Fuzzy	19
2.12.4	Preposisi Fuzzy	20
2.12.5	Implikasi Fuzzy	20
2.12.6	Sistem Inferensi Fuzzy	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Metodologi	23
3.2	Perancangan Skenario Penyerangan	24
3.3	Perancangan Skenario Perhitungan <i>Damage</i> dan <i>Experience</i>	26
3.3.1	Perhitungan <i>Damage</i> Menggunakan Logika Tegas	27
3.3.2	Perhitungan <i>Experience</i> Menggunakan Logika Tegas	28
3.3.3	Perhitungan <i>Damage</i> Menggunakan Persamaan Linear.....	29
3.3.4	Perhitungan <i>Experience</i> Menggunakan Persamaan Linear	31
3.3.5	Perhitungan <i>Damage</i> Menggunakan <i>Fuzzy Inference System</i> ..	32
3.3.6	Perhitungan <i>Experience</i> Menggunakan Fuzzy.....	41
3.4	Implementasi	46
3.5	Skenario Pengujian Sistem.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1	Pengujian Variasi Kondisi Troop	51
4.2	Pengujian Variasi Kondisi Pemain Penyerang	55
4.2.1	Pengujian Strategi Serangan Satu Sisi.....	55
4.2.2	Pengujian Strategi Penyerangan Dua Sisi.....	60
4.2.3	Pengujian Strategi Penyerangan Empat Sisi	64
4.3	Pengujian Sistem	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA		73
BIOGRAFI.....		75



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Status NPC dan Building	26
Tabel 3.2 Rule Base Scoring Damage Melee NPC.....	36
Tabel 3.3 Rule Base Score Damage Range NPC.....	39
Tabel 3.4 Rule Base Skor Experience	44
Tabel 4.1 Perbandingan Nilai Damage Persamaan Linear	52
Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Damage FIS	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh Game Bergenre RTS	2
Gambar 2.1 Tampilan Damage dan Hit Point CoC.....	12
Gambar 2.2 Tampilan Skor <i>Experience</i> dan <i>level</i> pada <i>Game Clash of Clans</i>	13
Gambar 2.3 Blok Diagram Sistem Rule Based [9]	15
Gambar 2.4 Blok Diagram Dasar Sistem Rule Based Fuzzy [3]	16
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga.....	18
Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium.....	18
Gambar 2.7 Representasi Kurva Gaussian	19
Gambar 2.8 Contoh Fungsi Keanggotaan.....	20
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian	23
Gambar 3.2 Skenario Penyerangan	24
Gambar 3.3 Perhitungan <i>Damage</i> Logika Tegas	27
Gambar 3.4 Perhitungan <i>Experience</i> Menggunakan Logika Tegas.....	28
Gambar 3.5 Perhitungan <i>Damage</i> Menggunakan persamaan linear	30
Gambar 3.6 Perhitungan <i>Experience</i> Menggunakan persamaan linear.....	32
Gambar 3.7 Perhitungan <i>Damage</i> Melee Troop	33
Gambar 3.8 Derajat Keanggotaan Parameter Health	34
Gambar 3.9 Derajat Keanggotaan Parameter Selisih Level	35
Gambar 3.10 Derajat Keanggotaan Parameter Skor Penyerangan Sebelumnya ..	35
Gambar 3.11 Derajat Keanggotaan Output Fuzzy Score	36
Gambar 3.12 Perhitungan <i>Damage Range Troop</i>	37
Gambar 3.13 Derajat Keanggotaan Parameter Range.....	38
Gambar 3.14 Derajat Keanggotaan Parameter Building Destroyed	42
Gambar 3.15 Derajat Keanggotaan Parameter Time	42
Gambar 3.16 Derajat Keanggotaan Parameter <i>Troop</i> Siurvive	43
Gambar 3.17 Derajat Keanggotaan Parameter Input Selisih Level	43
Gambar 3.18. Derajat Keanggotaan Parameter Output Experience.....	44
Gambar 3.19 FSM NPC Penyerang	46
Gambar 3.20 FSM NPC Defensive Building.....	47

Gambar 3.21 Skenario Serangan 1 Sisi	49
Gambar 3.22 Skenario Serangan 2 Sisi	49
Gambar 3.23 Skenario Serangan 4 Sisi	50
Gambar 4.1 Perbandingan Nilai <i>Damage</i> Persamaan Linear	52
Gambar 4.2 Perbandingan Nilai <i>Damage</i> FIS	53
Gambar 4.3 Perbandingan Skor <i>Damage</i> Fuzzy dan Non Fuzzy	54
Gambar 4.4 Hasil Penyerangan 30 <i>Melee Troop</i>	55
Gambar 4.5 Hasil Penyerangan 30 <i>Range Troop</i>	57
Gambar 4.6 Hasil Penyerangan Kombinasi Troop	59
Gambar 4.7 Hasil Penyerangan 30 <i>Melee Troop</i>	60
Gambar 4.8 Hasil Penyerangan 30 <i>Range Troop</i>	62
Gambar 4.9 Hasil Penyerangan Kombinasi Troop	63
Gambar 4.10 Hasil Penyerangan 30 <i>Melee Troop</i>	64
Gambar 4.11 Hasil Penyerangan 30 <i>Range Troop</i>	65
Gambar 4.12 Hasil Penyerangan Kombinasi Troop	66
Gambar 4.13 Hasil Pengujian Sistem	68

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dewasa ini sangat pesat, dimana perangkat elektronik menjadi sangat *portable* yang mudah dibawa kemana saja. Perangkat elektronik tersebut biasanya memiliki sarana hiburan di dalamnya dan salah satunya adalah game. Dalam game khususnya game peperangan biasanya pemain akan dihadapkan dengan istilah *damage* yang digunakan sebagai tolak ukur untuk menentukan tingkat kerusakan yang dapat ditimbulkan atau kekuatan serangan sebuah karakter dalam game. Dimana *damage* ini digunakan untuk mengurangi darah (*health point*) dan menentukan kapan sebuah unit NPC atau bangunan yang diserang akan hancur. Hal ini secara tidak langsung menentukan proses menang atau kalahnya seorang pemain dalam bermain game. Pada akhir penyerangan pemain akan mendapatkan *experience* yang nantinya digunakan dalam menentukan level pemain agar pemain dapat mengetahui tingkat kekuatannya dibanding pemain lainnya. Selain untuk mengetahui tingkat kekuatan seorang pemain, *experience* dan *level* juga dapat meningkatkan tantangan dalam bermain game dimana pemain akan termotivasi untuk mengalahkan level pemain lain dalam game yang sama. Oleh karena itu perhitungan *damage* dan *experience* sangat penting peranannya dalam sebuah game.

Salah satu *genre game* yang sangat digemari saat ini adalah *Real Time Strategy* (RTS). Game ini memiliki ciri khas berupa permainan perang yang terdiri atas pembangunan kekuatan sebuah kelompok, pengumpulan sumber daya serta pembangunan dan pengaturan pasukan untuk bertempur. Sehingga selain pengaturan strategi bidang militer game ini juga terdiri dari aspek ekonomi dan pembangunan kekuatan suatu kelompok. Karena meliputi berbagai macam aspek dalam game maka game RTS merupakan salah satu game yang sangat sulit dikuasai oleh pemain amatir yang baru belajar bermain game. Contoh game yang bergenre RTS adalah Clash Of Clans, Boom Beach, Stronghold Crusader, World of Warcraft dan lain sebagainya. Salah satu tampilan game RTS adalah gambar 1.1.



Gambar 1.1 Contoh Game Bergener RTS

Sang-Won Um pada tahun 2007 mengemukakan bahwa keseimbangan dalam game merupakan konsep pembagian kekuatan yang adil pada beberapa pemain atau strategi yang berbeda. Sebuah game dikatakan tidak seimbang jika satu atau lebih pemain mendapatkan posisi yang lebih menguntungkan dibanding pemain lain. Laurenctiu Ilici pada tahun 2012 juga mengemukakan bahwa game yang terlalu mudah dimainkan akan menyebabkan pemain cepat bosan, sedangkan game yang terlalu susah dimainkan menyebabkan pemain akan frustrasi memainkan game tersebut.

Pada game RTS keahlian pemain harus didukung oleh kekuatan kerajaan atau kelompok yang diatur pemain untuk dapat memenangkan permainan. Hal ini menyebabkan pemain baru mengalami kesulitan untuk menang melawan pemain yang terlebih dulu memainkan game RTS tersebut, begitu pula sebaliknya. Jika pemain merupakan pemain lama, tentu mudah menang jika melawan pemain baru. Hal ini dapat menyebabkan game tidak seimbang, karena terlalu sulit atau terlalu mudah bagi sebagian pemain. Oleh karena itu diperlukan adanya sistem yang dinamis yang dapat menyeimbangkan pola permainan.

Dengan mengembangkan konsep ini tingkat kesukaran dalam game dapat dibuat dengan memodifikasi sistem perhitungan *damage* dan *experience* dalam game RTS sehingga menjadi sistem yang dapat menentukan tingkat kesukaran game berdasarkan level pemain sehingga pemain tidak cepat jenuh atau cepat berhenti bermain game karena game dirasa terlalu gampang dimainkan atau bahkan pemain merasa frustrasi karena game terlalu sulit untuk dimainkan.

Selama ini tidak ada aturan pasti atau ketentuan baku dalam pembentukan sistem perhitungan skor dalam game, hal tersebut diserahkan seutuhnya kepada pembuat game (*Game Developer*). Namun pada umumnya sistem perhitungan *damage* dan *experience* yang digunakan masih bersifat tegas atau *crisp* yang bernilai 0 atau 1. Dalam perhitungan *damage* dan *experience* berdasarkan logika tegas tersebut jika suatu unit pasukan terkena lemparan meriam yang *damage*-nya bersifat area maka *damage* yang diterima troop dalam area tersebut sama walaupun jarak troop terhadap pusat radius berbeda sedangkan jika dalam kehidupan nyata tentunya efek meriam terhadap orang yang lokasinya dekat pusat radius meriam akan berbeda dengan orang yang lokasinya jauh dari ledakan meriam.

Pada game RTS terdapat juga *damage* yang bersifat single target, dimana *damage* hanya berdampak pada satu unit NPC dalam game. Besar *damage* ditentukan oleh besar *damage* penyerang yang telah ditentukan sebelumnya. Beberapa game seperti world of Warcraft dan dota 2, sistem *damage* ini mengambil random nilai dalam rentang nilai tertentu, sehingga *damage* yang dihasilkan tidak statis, namun tetap saja hal ini belum terlalu realistis karena dalam dunia nyata tentu kondisi penyerang akan mempengaruhi hasil serangan yang diberikan.

Untuk menciptakan sistem perhitungan *damage* yang lebih realistis dan dinamis dalam game RTS sesuai dengan tingkat keahlian pemain maka penelitian ini membentuk suatu sistem perhitungan menggunakan metode sistem inferensi fuzzy karena sistem inferensi fuzzy dapat memodelkan fungsi non-linear yang kompleks dan dapat diterapkan tanpa harus melalui proses pelatihan sehingga mudah diterapkan dalam sebuah game.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam perhitungan *damage* dan *experience* yang berdasarkan logika tegas hasil yang didapatkan akan nampak tidak realistis, hal ini terlihat ketika seorang troop yang memiliki *health* atau stamina yang lemah akan memberikan *damage* yang sama dengan troop yang memiliki stamina kuat. Dalam kasus lain misalnya troop yang berada dekat dengan ledakan meriam akan mendapat *damage* sama dengan troop yang jauh dari pusat ledakan meriam jika masih dalam radius area ledakan meriam. Sehingga game menjadi tidak realistis. Masalah lain yang dapat

muncul dalam sebuah game adalah pemain cepat merasa bosan karena game terlalu mudah dimainkan atau cepat putus asa karena game terlalu susah dimainkan akibat perhitungan *damage* dan *experience* yang statis dalam game sehingga game menjadi tidak seimbang dan tidak adil.

1.3. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak bias, maka dibuatlah beberapa batasan - batasan masalah dimana perhitungan *damage* dihitung pada saat terjadi proses serang menyerang antar NPC dalam game. Metode yang digunakan dalam sistem perhitungan *damage* dan *experience* adalah Fuzzy Inference System (FIS) dan jenis game yang digunakan adalah game ber-genre RTS.

1.4. Tujuan

Diperoleh sistem perhitungan *damage* dan *experience* game RTS yang dinamis berdasarkan tingkat kemampuan pemain dalam memainkan game, serta perhitungan skor yang tampak realistis dengan menggunakan metode *fuzzy Inference System*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah terbentuknya sistem perhitungan *damage* yang dapat mempengaruhi tingkat kesukaran dalam bermain game sesuai dengan kemampuan pemain yang memainkannya. Tingkat kesukaran dinamis memiliki kemampuan untuk membuat game menjadi lebih susah dimainkan bagi pemain yang mahir sehingga pemain yang mahir selalu merasa ada tantangan baru dalam setiap penyerangan yang dilakukannya karena sistem akan berusaha mencegah terjadinya kemenangan yang terjadi secara berturut-turut atau secara terus menerus. Hal ini dapat membuat pemain tidak mudah merasa bosan bermain game. Sedangkan bagi pemain pemula yang amatir sistem akan perhitungan *damage* akan berusaha membuat game menjadi lebih mudah dimainkan jika pemain amatir ini mengalami kekalahan pada serangan yang dilakukannya, dengan kata lain sistem perhitungan *damage* dapat mencegah kekalahan beruntun yang membuat pemain merasa frustrasi dalam memainkan game.

BAB II DASAR TEORI

Untuk memberikan gambaran secara umum, bab ini akan membahas secara lengkap mengenai seluruh teori yang mendukung penelitian ini mulai dari *Real Time Strategy Games*, Perhitungan *damage* dan *experience* Dinamis, Perhitungan *damage* dan *experience* berdasarkan persamaan linear, hingga metode yang digunakan yaitu *Fuzzy Logic*.

2.1 Real Time Strategy

Real Time Strategy (RTS) merupakan jenis permainan dimana pemain merencanakan sejumlah tindakan untuk memenangkan persaingan dengan satu atau lebih lawan yang berlangsung secara real time. Sehingga tindakan dalam game akan berlangsung secara terus menerus dan pemain diharuskan untuk berpikir dan bertindak cepat sesuai dengan perubahan pada permainan[8].

Pada sejumlah game RTS, pemain diberikan keseluruhan sudut pandang permainan dan mengontrol semua unit. Permainan ini menantang kemampuan pemain untuk menjelajah, mengatur dan memerintahkan pasukan yang dimainkan. Sehingga dengan hal ini perhatian pemain terbagi menjadi beberapa macam tugas dalam satu waktu, oleh karena itu game RTS susah untuk dikuasai.

2.2 Skenario dalam Game

Skenario atau konsep permainan merupakan hal yang sangat penting dalam sebuah game karena skenario game adalah dasar dimana seorang atau sebuah tim dapat membuat mekanik game yang sesuai dengan konsep yang dibuat. Selain itu skenario merupakan dasar dimana pemain dapat mengerti apa yang harus dilakukannya agar dapat memainkan game tersebut. Secara garis besar skenario game dapat dibagi menjadi 2 bagian [11] :

1. Skenario game Non-Perang
2. Skenario game Perang

2.2.1 Skenario Game Non-Perang

Game yang termasuk dalam skenario Non-Perang kebanyakan game yang mengandalkan ketangkasan, kecermatan, dan kecepatan yang tidak berlatar belakang pertempuran atau pertarungan seperti game yang bertipe *Sport Game*, *Racing Game*, *Puzzle Game*, *Board Game*.

2.2.2 Skenario Game Perang

Skenario pada game perang biasanya berlatar belakang pertempuran atau pertarungan antara dua atau beberapa pihak. Perang tersebut terdiri dari berbagai macam, baik perang seperti yang ada di dunia nyata maupun perang yang fiksi. Dalam penelitian ini game yang digunakan bergenre *Real Time Strategy* (RTS) dimana setiap game RTS pasti menggunakan skenario game perang. Secara umum skenario game perang dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan jarak pertempuran :

1. Game Perang Jarak Jauh
2. Game Perang Jarak Dekat
3. Game Perang Kombinasi

2.2.2.1 Game Perang Jarak Jauh

Skenario game perang yang berjenis pertarungan jarak jauh (*Range Combat*) ini dalam menyerang dan mengalahkan lawan menggunakan senjata atau kesaktian sihir dengan jarak serangan yang jauh. Dimana kemampuan serangan dari skenario game ini tergantung dari jumlah amunisi jika menggunakan senjata & kekuatan ilmu jika menggunakan kesaktian sihir. Game perang jarak jauh digunakan dalam penelitian khususnya untuk pahlawan dan pasukan yang bersenjatakan panah, karena untuk menyerang menggunakan panah, NPC tersebut dapat membidik musuhnya dari jarak jauh. Contoh : *Starcraft*, *Command and Conquer*, *Waizone*, *WWII*, *Sudden Death*.

2.2.2.2 Game Perang Jarak Dekat

Game perang yang termasuk ke dalam jenis pertarungan jarak dekat (*melee combat*) dalam menyerang & mengalahkan lawan dapat menggunakan tangan kosong dengan pukulan maupun menggunakan senjata dengan jarak yang pendek

seperti pedang, kapak, pisau, tongkat. *Game* perang jarak dekat digunakan dalam penelitian khususnya untuk Pahlawan dan Pasukan yang bersenjatakan pedang atau clurit, karena untuk menyerang menggunakan pedang atau clurit, NPC tersebut harus mendekati musuhnya. Contoh: *skyrim 5, zeno dash, arcade games, boxing games, WWF Wrestlemania, Gladiators, Glorius Combat*.

2.2.2.3 Game Perang Kombinasi

Skenario game perang berjenis pertarungan kombinasi merupakan gabungan dari dua skenario game pertarungan yaitu skenario game pertarungan jarak jauh dan jarak dekat. NPC dalam game berjenis ini tidak hanya mempunyai kemampuan bertarung dalam jarak dekat atau jarak jauh saja, tetapi juga dapat mempunyai kemampuan keduanya, bergantung karakter yang ada dalam game tersebut. *Game* perang kombinasi antara jarak dekat dan jarak jauh digunakan dalam penelitian khususnya untuk Pahlawan dan Pasukan yang bersenjatakan sihir, karena untuk menyerang menggunakan sihir, NPC tersebut dapat membunuh musuhnya dari jarak dekat maupun jarak jauh. Contoh : *warcraft, age of empire, age of mythodology, heroes of newerth*.

2.3 Strategi dalam Game

Terdapat 3 macam strategi dalam sebuah game, yaitu [12] :

1. Strategi Menyerang
2. Strategi Bertahan
3. Strategi Menghindar

2.3.1 Strategi Menyerang

Menyerang secara berkelompok dengan koordinasi pada suatu pertempuran dapat menghasilkan strategi penyerangan yang optimal. Keoptimalan dari strategi menyerang dapat diukur dari banyak sedikitnya korban yang tewas dan luka – luka atau diukur dari jumlah *health* yang tersisa dari setiap anggota kelompok. Metode penyerangan dapat bervariasi bergantung dari tipe pertempuran itu sendiri. Tipe pertempuran jarak jauh hanya mempertimbangkan jumlah amunisi serta jarak penyerangan. untuk tipe pertempuran jarak dekat harus dipertimbangkan kekuatan

serangan dan pemilihan lawan yang tepat supaya strategi yang dilakukan menjadi optimal. Pemilihan lawan yang membutuhkan sedikit energi untuk memenangkan pertempuran merupakan bagian dari strategi menyerang. Untuk mengoptimalkan pemilihan lawan tersebut diperlukan suatu metode pengambilan keputusan. Bagaimana mendapatkan pilihan urutan lawan yang tepat supaya strategi menjadi optimal merupakan hal yang perlu dipertimbangkan [13].

2.3.2 Strategi Bertahan

Bertahan merupakan bagian dari strategi dimana gaya bertahan bergantung kepada medan pertempuran jumlah anggota, kekuatan lawan, dan senjata untuk melindungi. Pada pertempuran, senjata pelindung seperti baju atau rompi serta tameng juga mempengaruhi gaya bertahan suatu tim. Koordinasi dan kekompakan tim dalam melindungi teman yang lemah juga menjadi kunci dari keberhasilan strategi bertahan. Tidak hanya digunakan untuk tujuan menghemat amunisi atau kekuatan, tetapi dapat juga digunakan untuk menguras tenaga dan amunisi lawan sebelum mulai menyerang.

2.3.3 Strategi Menghindar

Menghindar juga bagian dari strategi dimana gaya menghindar bisa bervariasi, misal : menghindar dengan bersembunyi atau menghindar dengan memutar rute yang dilalui. Strategi menghindar ini juga bisa digunakan pada saat lawan yang dihadapi mempunyai jarak serang yang pendek sehingga saat diserang bisa mundur atau berpindah posisi. Penghematan kekuatan atau amunisi juga bisa dengan menggunakan strategi ini. Strategi ini juga bermanfaat untuk anggota kelompok yang hanya mempunyai tugas sebagai mata – mata atau *scout* dalam pertempuran untuk mencari informasi tentang musuh yang dihadapi.

2.4 Operasi Penyerangan

Seorang pemain melakukan operasi penyerangan dengan menghancurkan instalasi lawan dan meminimalkan kerusakan pada instalasi dan aset pemain sendiri. Sebuah serangan pemain mengalokasikan sebuah pengumpulan aset penyerangan pada platform terbang untuk satu set target lawan dan ancaman di

tanah. Masalahnya dinamis: Cuaca dan faktor lingkungan lain yang mempengaruhi kinerja aset, ancaman yang tidak diketahui dapat dikirimkan dan menjadi target yang dihancurkan [14].

Menyerang memerlukan strategi yang tepat agar serangan yang dilakukan untuk mengalahkan tim lawan menjadi optimal. Bagaimanapun model strategi menyerang, umumnya mempunyai tujuan akhir mengalahkan musuh. [15]. Berdasarkan hal-hal tersebut maka suatu pemain dapat dikatakan kalah atau menang dengan melihat kondisi nilai parameter-parameter yang ada pada akhir penyerangan.

2.5 *Agent atau Non Player Character*

Agent adalah suatu entitas *software computer* yang memungkinkan pengguna (*user*) untuk mendelegasikan tugas kepadanya secara mandiri (*autonomously*). *Agent* mempunyai kemampuan untuk melakukan suatu *tugas* atau pekerjaan dalam kapasitas untuk sesuatu atau untuk orang lain [16]. Kemampuan *agent* yang saling berinteraksi, bernegosiasi dan berkoordinasi satu sama lain dalam menjalankan pekerjaan disebut *multi agent system*. Karakteristik dan atribut dari *agent* adalah sebagai berikut: [16]

1. *Autonomy*

Agent dapat melakukan tugas secara mandiri dan tidak dipengaruhi secara langsung oleh *user*, *agen* lain ataupun oleh lingkungan (*environment*).

2. *Intelligent, Reasoning, dan Learning*

Ada tiga komponen *intelligent* yang harus dimiliki yaitu *internal knowledge base*, kemampuan *reasoning* berdasar pada *knowledge base* yang dimiliki dan kemampuan *learning* untuk beradaptasi dalam perubahan lingkungan.

3. *Mobility dan Stationary*

Khusus untuk *mobile agent*, harus memiliki kemampuan mobilitas, berkebalikan dengan *stationary agent*. Keduanya tetap harus memiliki kemampuan untuk mengirim pesan dan berkomunikasi dengan *agent* lain.

4. *Delegation*

Agent bergerak dalam game dengan rangka menjalankan tugas yang diperintahkan oleh *user*.

5. *Reactivity*

Karakteristik *agent* yang lain adalah cepat beradaptasi dengan adanya perubahan informasi yang ada dalam suatu lingkungan (*agent* lain, *user*, adanya informasi dari luar)

6. *Proactivity* dan *Goal-oriented*

Agent tidak hanya dituntut bisa beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, tetapi juga harus mengambil inisiatif langkah penyelesaian apa yang harus diambil

7. *Communication and Coordination Capability*

Agent harus memiliki kemampuan berkomunikasi dengan *user* dan juga *agent* lain.

Sedangkan interaksi antar *agent* dalam *multi agent sistem* dapat dituliskan sebagai berikut: [16]

1. *Cooperation*

Interaksi ini menampakkan tujuan dan pengetahuan yang dimiliki ke *agent* yang lain. Dua *agent* tersebut memiliki tujuan yang sama.

2. *Coordination*

Interaksi ini menampakkan tujuan dan pengetahuan ke *agent* lain. Dua *agent* tersebut memiliki tujuan yang berbeda.

3. *Loose Competition*

Interaksi ini menampakkan tujuan dan menyembunyikan pengetahuan (*knowledge*) yang dimiliki ke *agent* lain.

2.6 Konsep Perhitungan *Damage* dan *Experience*

Damage atau biasa disebut *Damage per Second* (DPS) merupakan besarnya kekuatan serang sebuah karakter dalam game yang berdampak pada pengurangan *Health Point* sebuah unit target yang diserang [8]. Melalui perhitungan *damage* ini sistem mekanik sebuah game dapat menentukan kapan sebuah unit NPC mati atau hancur. Berdasarkan banyaknya unit atau bangunan hancur tersebut maka mekanik game dapat pula menentukan pihak yang menang maupun yang kalah, hal ini merupakan penanda berakhirnya sebuah game atau sebuah babak maupun penyerangan.

Pada game RTS setiap akhir sebuah penyerangan biasanya pemain akan mendapatkan nilai *experience*. *Experience* merupakan indikator untuk menentukan seberapa baik performa seorang pemain menyelesaikan misi atau tantangan dalam game [18]. Nilai *experience* ini biasanya kemudian digunakan untuk menentukan seberapa tinggi level seorang pemain, sehingga para pemain dapat melihat dan membandingkan kekuatan atau kemampuan pemain lainnya.

Cara perhitungan *damage* dan *experience* dalam game ada bermacam-macam, disesuaikan dengan jenis dan aturan dari game itu sendiri. Sistem perhitungan menggunakan logika tegas adalah sistem perhitungan dimana ketika kondisi yang terjadi sesuai dengan aturan yang sudah ditetapkan maka akan dilaksanakan suatu rutinitas atau proses tertentu. Sistem seperti ini dapat disebut sistem perhitungan klasik dimana sistem ini merupakan sistem tradisional yang dirancang untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak saling berhubungan. Biasanya sistem perhitungan berdasarkan rule base ini akan bersifat statis, namun ada pula sistem perhitungan rule base yang dinamis, yaitu ketika sistem perhitungan ini menggunakan keluaran dari sebuah persamaan yang telah ditentukan sebelumnya.

2.7 Perhitungan Berdasarkan Logika Tegas

Sistem perhitungan *damage* dan *experience* menggunakan logika tegas adalah sistem perhitungan dimana ketika kondisi yang terjadi sesuai dengan aturan yang sudah ditetapkan maka akan dilaksanakan suatu rutinitas tertentu. Sebagai contoh adalah ketika unit musuh menembak unit lain maka rutinitas yang dilakukan adalah memberikan efek *damage* kepada unit tersebut dengan besar *damage* yang sudah ditentukan sebelumnya oleh *game developer*. Selain menghitung *damage* sistem ini juga sering digunakan dalam menghitung *experience* yang didapat pemain. Penambahan *experience* akan dilakukan ketika pemain berhasil menyelesaikan tugas atau tantangan dalam game. Pada game RTS biasanya *experience* didapat ketika pemain membangun suatu bangunan, menaikkan level bangunan atau pasukan, dan atau memenangkan penyerangan ketika menyerang base atau markas lawan.

2.8 Perhitungan Berdasarkan Persamaan Linear

Persamaan linear merupakan sebuah persamaan aljabar dimana setiap sukunya mengandung konstanta atau perkalian konstanta dengan tanda sama dengan serta variabelnya berpangkat satu. Persamaan ini dikatakan linear karena jika kita menggambarkan dalam koordinat kartesius akan berbentuk garis lurus.

Untuk persamaan linear yang memiliki lebih dari dua variable memiliki bentuk umum sebagai berikut:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = b \quad (2.1)$$

Dimana a_1 merupakan koefisien untuk variable pertama x_1 begitu pula untuk variable lainnya sampai dengan variable ke-n.

2.9 Perhitungan *Damage* dan *Experience Clash of Clans*

Sub-bab ini difokuskan pada sistem perhitungan *damage* dan *experience* pada game *Clash of Clans* (CoC) yang menjadi salah satu rujukan penelitian ini. Sistem perhitungan pada game ini merupakan sistem perhitungan yang menggunakan logika tegas dimana *damage* dan *experience* telah ditentukan.

Sistem perhitungan *damage* pada CoC akan menghasilkan nilai *damage* yang sesuai dengan jenis dan level pasukan. Sehingga ketika sebuah troop memukul bangunan atau musuh jumlah *health point* musuh akan berkurang sesuai dengan nilai *damage* pasukan yang memukul atau yang menyerangnya. Contoh tampilan status troop terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tampilan *Damage* dan Hit Point CoC

Sumber: <http://clashofclans.wikia.com/wiki/barbarian>

Sistem perhitungan *experience* dalam CoC hampir sama dengan sistem perhitungan *damage*, dimana pemain akan mendapatkan *experience* jika berhasil menyerang markas pemain lain, menyelesaikan *achievement*, membangun atau

meng-*upgrade* bangunan. Besar nilai *experience* yang didapat bermacam-macam namun sifatnya statis dalam arti besarnya *experience* yang didapat telah ditentukan sebelumnya. nilai *experience* ini akan mempengaruhi tinggi level pemain, dimana ketika *experience* mencapai nilai tertentu maka level pemain tersebut akan bertambah. Contoh tampilan *Level* dan *Experience* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Tampilan Skor *Experience* dan *level* pada *Game Clash of Clans*

Sumber: <http://clashofclans.wikia.com/wiki/Experience>

2.10 Perhitungan *Damage* dan *Experience* Dinamis

Istilah "dinamis" disini menunjukkan suatu variabel yang berubah-ubah sesuai kondisi yang terjadi, sedangkan perubahan yang terjadi berdasarkan aturan-aturan yang ditetapkan[9]. Sehingga perhitungan *damage* dan *experience* dinamis merupakan sistem perhitungan *damage* dan *experience* yang dapat berubah-ubah sesuai dengan kondisi dalam permainan.

1. Sistem Perhitungan Dinamis Menggunakan Persamaan Linear

Sistem perhitungan ini dibuat menggunakan aturan-aturan dasar yang kemudian membentuk sebuah persamaan untuk merepresentasikan aturan-aturan tersebut, sehingga nilai keluaran *damage* atau *experience* bergantung pada besarnya nilai-nilai variable input yang digunakan pada persamaan. Semakin banyak variable input yang digunakan maka akan semakin rumit persamaan yang terbentuk.

2. Sistem Perhitungan Dinamis Menggunakan Fuzzy

Pada dasarnya sistem perhitungan ini mirip dengan sistem perhitungan *rule base*, karena pada dasarnya salah satu komponen fuzzy adalah basis pengetahuan yaitu *rule base* itu sendiri dan ditambahkan dengan proses-proses lainnya (fuzzifikasi, implikasi dan defuzzifikasi). Sehingga sistem ini lebih kompleks dibanding sistem perhitungan yang hanya menggunakan *rule base*.

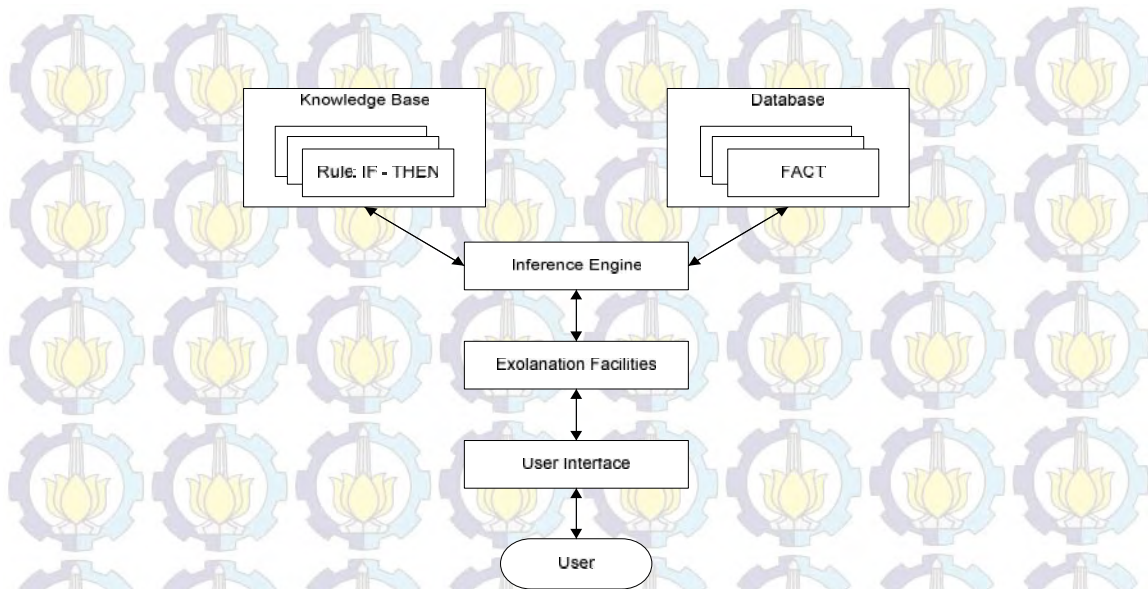
2.11 Rule Base Theory

Rule base sistem sering juga disebut dengan *expert* sistem. Sistem *rule base* digunakan sebagai salah satu cara untuk menyimpan dan memanipulasi pengetahuan untuk diwujudkan suatu informasi yang dapat membantu dalam menyelesaikan berbagai permasalahan. Sistem *rule base* mampu menjelaskan proses penalaran dan menyelesaikan tingkat kepercayaan dan ketidakpastian, dimana algoritma konvensional tidak bisa menyelesaikannya[8]. Beberapa keuntungan penting dari sistem *rule base* adalah sebagai berikut:

1. Memiliki kemampuan untuk menangkap dan mempertahankan pengalaman manusia yang tak tergantikan.
2. Memiliki kemampuan untuk mengembangkan sistem yang lebih konsisten daripada manusia.
3. Mampu meminimalisir keahlian manusia yang diperlukan di sejumlah lokasi pada waktu yang sama (terutama di lingkungan yang berbahaya bagi kesehatan manusia).
4. Mampu memberikan solusi yang lebih cepat dari manusia.

Banyak program AI yang dibangun dengan sistem yang berdasarkan *rule based*. *Rule based sistem* adalah sistem berbasis kaidah merupakan sebuah sistem yang memodelkan proses penalaran yang berdasarkan pada kaidah atau hubungan sebab-akibat. Sistem ini diimplementasikan dengan aplikasi *Artificial Intelligence* (AI). Sistem *rulebased* terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut [9]:

1. *Knowledge base*: berisi aturan-aturan dasar pengetahuan ahli tentang dasar masalah. *Knowledge base* sering juga disebut dengan *rulebase*.
2. *Database*: berisi kumpulan fakta yang diketahui tentang masalah yang sedang diselesaikan.
3. Mesin *inference*: melakukan proses inference dengan menghubungkan aturan dengan fakta yang diketahui untuk mendapatkan solusi.
4. *Explanation facilities*: memberikan informasi kepada pengguna tentang langkah-langkah penalaran yang sedang diikuti.
5. *User Interface*: komunikasi antara pengguna dan sistem.



Gambar 2.3 Blok Diagram Sistem Rule Based [9]

Pada gambar 2.3 terlihat diagram system rule base. Bagian dari *rule* setelah *if* disebut premis yang berisi "*subgoal*". Bagian dari *rule* setelah *then* disebut kesimpulan. Kumpulan dari sebuah *rule* memungkinkan berisi beberapa *subgoal* yang dikombinasikan dengan *and* atau *or*. Dimana *and* dan *or* tidak bisa digunakan bersama dalam *rule* yang sama. Struktur dari *rulebase* terdiri atas[9]:

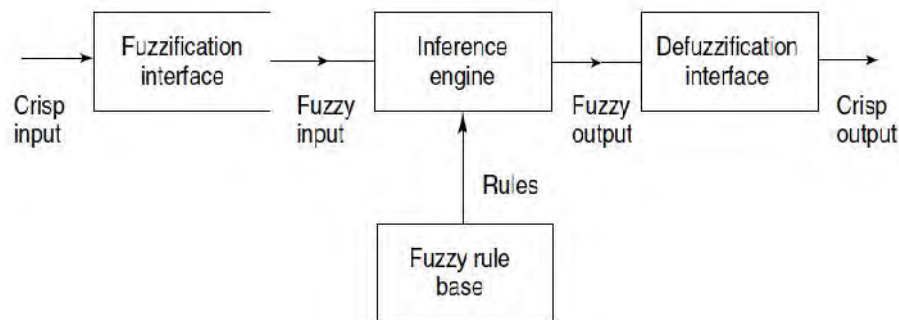
1. A set of rules,
2. A set of prompts untuk user input,
3. Satu atau lebih *goals*, dengan *optional* nilai *default*

Proses inferensi yang digunakan dalam sistem *rulebase* adalah inferensi deduktif. Disini berarti bahwa aturan logika yang digunakan untuk menyimpulkan pengetahuan baru dari pengetahuan dan *rule* yang ada. Sebuah sistem *rulebased* terdiri dari aturan *if-then*, sekelompok fakta, dan seorang penerjemah yang mengendalikan penerapan *rule-rule*, memberikan fakta-fakta[8]. Dalam hal ini pernyataan aturan *if-then* digunakan untuk merumuskan laporan kondisional yang terdiri lengkap dasar pengetahuan. Sebuah aturan *if-then* mengasumsikan bentuk '*if x is A then y is B*' dan bagian dari aturan '*x is A*' disebut anteseden atau premis, sedangkan *then* merupakan bagian dari perintah '*y is B*' yang disebut konsekuen atau kesimpulan. Ada dua jenis mesin inferensi yang digunakan dalam aturan berbasis sistem, yaitu: sistem *forward chaining* dan *backward chaining*.

Dalam sistem *forward chaining*, fakta-fakta awal diproses pertama, dan tetap menggunakan aturan untuk menarik kesimpulan baru mengenai fakta-fakta tersebut. Dalam sistem *backward chaining*, hipotesis (solusi/tujuan) adalah hal pertama yang dilakukan dan terus mencari *rule-rule* yang memungkinkan dalam proses menyimpulkan hipotesis itu. Dalam proses pengolahan, sub tujuan baru juga ditetapkan untuk mendapatkan validasi. *Forward chaining* adalah sistem utama dari *data-driven*, sementara *backward chaining* adalah sistem utama dari *goal-driven*.

Langkah-langkah dalam proses pengembangan sistem *rule based* untuk menentukan persyaratan yang sebenarnya terdiri dari akuisisi pengetahuan, membangun komponen sistem *rule based*, mengimplementasikan hasil, dan merumuskan prosedur untuk pemeliharaan dan peninjauan [8].

Sistem *fuzzy rule based* adalah sebuah sistem *rule based* yang menggunakan kumpulan fungsi keanggotaan *fuzzy* dan aturan yang dipadukan menggunakan logika *Boolean* untuk menghasilkan sebuah data[8]. Lebih jelasnya system fuzzy rule base terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Blok Diagram Dasar Sistem Rule Based Fuzzy [3]

2.12 Fuzzy Logic

Fuzzy Logic merupakan pengembangan dari teori *fuzzy set*, dimana keanggotaan sebuah objek tidak hanya anggota dan bukan anggota saja. Fuzzy logic dikenalkan oleh Lotfi A. Zadeh seorang profesor Ilmu Komputer pada *University of Californiadi Berkerley*. *Fuzzy logic* memegang peranan penting dalam menentukan keputusan rasional dalam lingkungan yang tidak pasti[3].

2.12.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan pengembangan dari konsep himpunan dalam matematika. Himpunan fuzzy merupakan rentang nilai-nilai yang mempunyai derajat keanggotaan antara 0 dan 1: $\mu_A x \in [0,1]$ [5]. Misalkan himpunan fuzzy A memiliki anggota himpunan X maka derajat keanggotaannya :

$$\begin{aligned} A &= \sum_{i=1}^m \mu_A(x_i)/x_i \\ &= \mu_A(x_1)/x_1 + \dots + \mu_A(x_m)/x_m \end{aligned} \quad (2.2)$$

Ada hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memahami himpunan fuzzy yaitu :

a. Variabel Fuzzy

Varibel fuzzy merupakan suatu lambang atau kata yang menunjuk kepada suatu yang tidak tertentu dalam sistem fuzzy. Variabel fuuzy ini yang kemudian akan dibagi menjadi himpunan-himpunan fuzzy, seperti misalnya variabel permintaan akan dibagi menjadi himpunan permintaan bertambah atau berkurang.

b. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu kumpulan yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy. Pada himpunan fuzzy attribut yang digunakan dibagi menjadi 2 yaitu Linguistik dan Numeris. linguistik menggunakan bahasa seperti : Rendah, Sedang dan lain sebagainya. Sedangkan numeris menggunakan nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya : 5, 10, 15 dan lain sebagainya.

c. Semesta Pembicara

Semesta pembicara adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy.

d. Domain

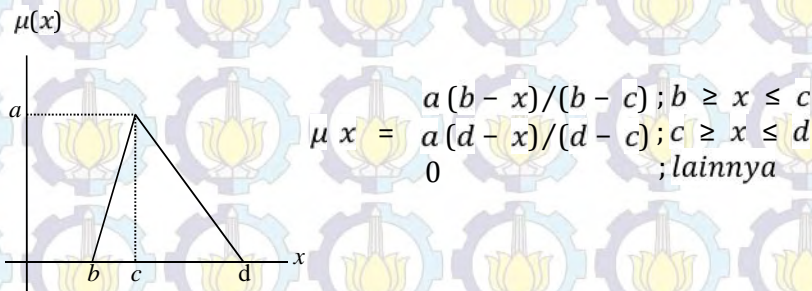
Domain pada himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicara dan boleh dioperasikan dalam himpunan fuzzy. Contohnya adalah himpunan fuzzy MUDA = [0,45], yang artinya adalah seorang dapat dikatakan MUDA dengan umur antara 0 sampai 45 tahun.

2.12.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai dengan 1. Fungsi keanggotaan ini cenderung membentuk partisi pada masing-masing sisinya [6]. Fungsi keanggotaan yang umum digunakan diantaranya^[7] :

a. Representasi Kurva Segitiga

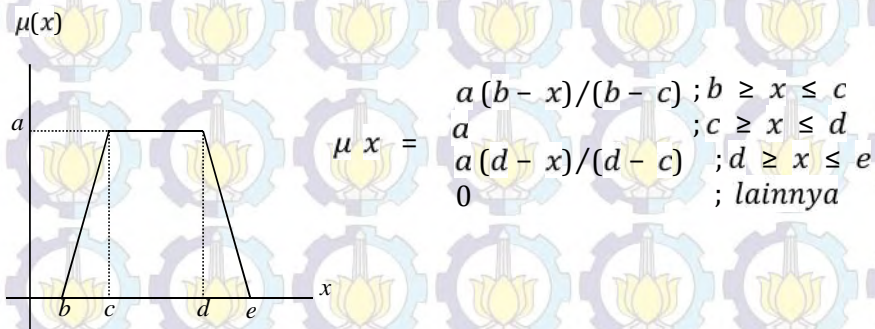
Pada representasi kurva segitiga, pemetaan input ke derajat keanggotaan berbentuk segitiga. Fungsi keanggotaan pada kurva ini adalah (Gambar 2.5)



Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga

b. Representasi Kurva Trapezium

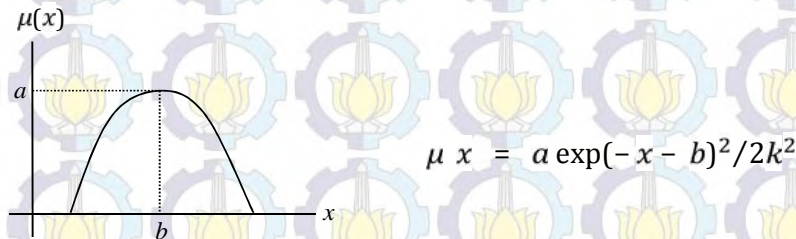
Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk kurva segitiga, namun ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (satu), seperti pada gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapezium

c. Representasi Kurva Gaussian

Representasi kurva Gaussian memiliki bentuk dan fungsi sebagai berikut (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Representasi Kurva Gaussian

2.12.3 Operasi - Operasi pada Himpunan Fuzzy

Seperti halnya himpunan tegas (*crisp set*), ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan fuzzy. Operasi - operasi yang kerap kali digunakan adalah :

a. Operasi AND

Operasi AND (*intersection*) berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan. Intersection dari 2 himpunan adalah minimum dari tiap pasangan elemen pada kedua himpunan. Misalkan himpunan fuzzy \bar{C} adalah *intersection* dari himpunan fuzzy \bar{A} dan himpunan fuzzy \bar{B} dan didefinisikan sebagai :

$$\bar{C} = \min \bar{A} x, \bar{B} x \quad (2.3)$$

b. Operasi OR

Operasi OR berhubungan dengan operasi gabungan pada himpunan. *Union* dari dua himpunan adalah maksimum dari tiap pasang elemen pada kedua himpunan. Misalkan fuzzy \bar{C} adalah union dari himpunan fuzzy \bar{A} dan himpunan fuzzy \bar{B} dan didefinisikan sebagai berikut :

$$\bar{C} = \max \bar{A} x, \bar{B} x \quad (2.4)$$

c. Operasi NOT

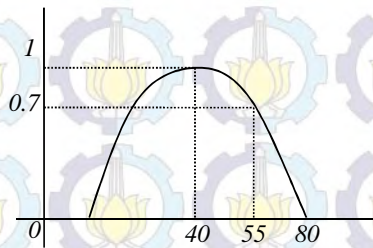
Operasi NOT berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. Komplemen himpunan fuzzy A diberi tanda \bar{A} (not A) dan didefinisikan sebagai:

$$\bar{A}(x) = 1 - A(x) \quad (2.5)$$

2.12.4 Preposisi Fuzzy

Preposisi fuzzy adalah kalimat yang memuat predikat fuzzy, yaitu predikat yang dapat direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy. Preposisi fuzzy yang mempunyai kebenaran tertentu disebut pernyataan fuzzy. Nilai kebenaran suatu pernyataan fuzzy dapat dinyatakan dengan suatu bilangan real dalam rentang $[0,1]$. Nilai kebenaran itu disebut juga derajat kebenaran pernyataan fuzzy.

Contoh preposisi fuzzy adalah : "*Kecepatan Mobil Itu Sedang*". Predikat "sedang" dapat dikaitkan dengan himpunan fuzzy \tilde{S} dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{S}}$ seperti terlihat pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 Contoh Fungsi Keanggotaan

Derajat kebenaran dari pernyataan fuzzy, kecepatan mobil 55 km/jam adalah sedang, sama dengan derajat keanggotaan 55 km/jam adalah himpunan fuzzy "sedang", yaitu $\mu_{\tilde{S}} 55 = 0.7$

2.12.5 Implikasi Fuzzy

Preposisi yang sering digunakan dalam aplikasi fuzzy adalah implikasi fuzzy. Bentuk umum implikasi adalah:

Jika x adalah A, maka y adalah B

Dengan x dan y adalah variabel linguistik, sedangkan A dan B adalah predikat-predikat fuzzy yang dikaitkan dengan himpunan-himpunan fuzzy \tilde{A} dan \tilde{B} dalam semesta X dan Y berturut-turut. Preposisi yang mengikuti kata "jika" disebut sebagai anteseden sedangkan preposisi yang mengikuti kata "maka" disebut sebagai konsekuen.

2.12.6 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi fuzzy (*Fuzzy Inference Sistem/FIS*) merupakan sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran fuzzy, seperti halnya manusia melakukan penalaran dengan nalurinya. Pada dasarnya sistem inferensi fuzzy terdiri atas empat unit yaitu :

1. Unit fuzzifikasi (*Fuzzification Unit*)
2. Unit penalaran logika fuzzy (*Fuzzy Logic Reasoning Unit*)
3. Unit basis pengetahuan (*Knowledge Base Unit*), yang terdiri atas dua bagian:
 - a. Basis data (*Database*), yang memuat fungsi-fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan fuzzy terkait dengan nilai-nilai dari variabel-variabel linguistik yang dipakai.
 - b. Basis aturan (*rule base*), yang memuat aturan-aturan berupa implikasi fuzzy.
4. Unit defuzzifikasi / Unit penegasan (*Defuzzification Unit*)

Pada sistem inferensi fuzzy, nilai-nilai masukan tegas dikonversikan oleh unit fuzzifikasi ke nilai fuzzy yang sesuai. Hasil pengukuran yang telah difuzzifikasikan itu kemudian diproses oleh unit penalaran, yang dengan menggunakan unit basis pengetahuan, menghasilkan himpunan-himpunan fuzzy sebagai keluarannya. Langkah terakhir dikerjakan oleh unit defuzzifikasi yaitu menerjemahkan himpunan-himpunan keluaran menjadi nilai-nilai tegas. Nilai tegas ini kemudian direalisasikan dalam bentuk tindakan yang dilaksanakan dalam proses itu.

Berdasarkan perbedaan jenis defuzzifikasi sistem inferensi fuzzy terdiri dari beberapa jenis yaitu:

1. Mamdani

Proses defuzzifikasi yang sering digunakan pada sistem inferensi fuzzy mamdani adalah metode centroid. Pada metode ini solusi tegas diperoleh melalui beberapa cara yaitu Largest of Maximum Method (LOM), Smallest of Maximum Method (SOM), Mean of Maximum Method (MOM) dan metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu Center of Gravity (COG) dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.

Proses defuzzifikasi menggunakan metode Center of Gravity secara umum dituliskan melalui persamaan [4]:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \mu_{\bar{A}_i} d_i}{\sum_{i=1}^n \mu_{\bar{A}_i} d_i} \quad (2.6)$$

Untuk domain diskrit, dengan d_i adalah nilai keluaran pada aturan ke- i dan $\mu_{\bar{A}_i}$ adalah derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke- i sedangkan n adalah banyaknya aturan yang digunakan. Untuk domain kontinu solusi tegas diperoleh melalui

$$Z_0 = \frac{\int_a^b z \cdot \mu(z) dz}{\int_a^b \mu(z) dz} \quad (2.7)$$

Z_0 adalah nilai hasil defuzzifikasi dan μ_z adalah derajat keanggotaan titik tersebut, sedangkan Z adalah nilai domain ke- i .

2. Sugeno

Proses defuzzifikasi pada metode sugeno dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata terpusatnya.

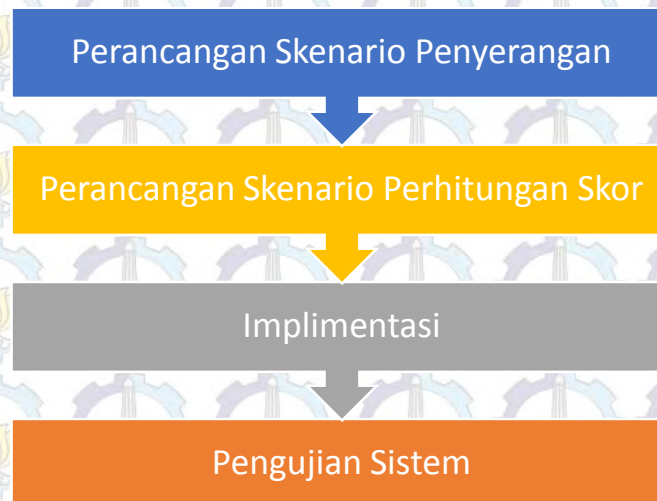
$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \mu_{\bar{A}_i} d_i}{\sum_{i=1}^n \mu_{\bar{A}_i} d_i} \quad (2.8)$$

Dengan d_i adalah nilai keluaran pada aturan ke- i dan $\mu_{\bar{A}_i} d_i$ adalah derajat keanggotaan nilai keluaran pada aturan ke- i sedangkan n adalah banyaknya aturan yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi

Pada bagian ini, dijelaskan langkah - langkah penelitian yang dilakukan sehingga tujuan dalam memperoleh sistem perhitungan *damage* dan *experience* yang realistis dan dinamis dapat tercapai. Penulis mengawali dengan mempelajari dan memahami beberapa teori yang berhubungan dengan metode *fuzzy inference system* dan tema dari tesis yaitu meliputi materi tentang perhitungan skor dalam permainan. Metodologi pada penelitian ini digambarkan dalam diagram alur (Gambar 3.1) berikut:

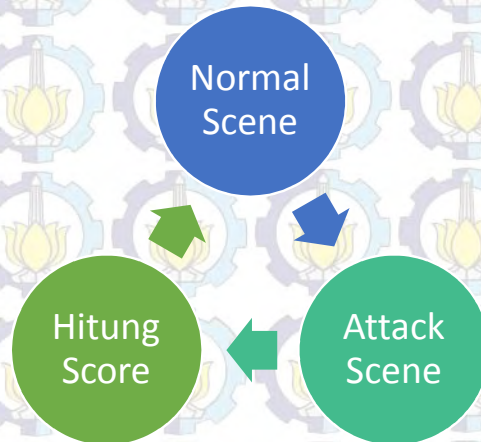


Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan langkah awal merancang skenario penyerangan antara NPC penyerang dan NPC bertahan. Kemudian dilanjutkan dengan skenario perhitungan game baik pada saat penyerangan maupun setelah penyerangan selesai. Implementasi dilakukan setelah skenario perancangan selesai dan dilakukan pengujian terhadap implementasi yang telah dilakukan.

3.2 Perancangan Skenario Penyerangan

Skenario penyerangan pada penelitian ini menggunakan dua belah pihak, yaitu pihak penyerang dan pihak bertahan. Skenario penyerangan berakhir setelah semua troop penyerang gugur, semua bangunan pihak bertahan hancur atau waktu penyerangan telah mencapai 2 menit (120 detik). Selama penyerangan pihak penyerang bisa men-*deploy troop* yang dimilikinya yaitu pasukan jarak dekat dan pasukan yang menyerang jarak jauh. Pihak bertahan mempertahankan base-nya dengan menggunakan bangunan defense yaitu cannon dan mortar. Lebih jelasnya skenario penyerangan terlihat pada diagram (Gambar 3.2) di bawah ini:



Gambar 3.2 Skenario Penyerangan

Normal Scene merupakan skenario game dimana pemain mengumpulkan berbagai macam *resource* untuk membangun base serta berbagai macam jenis bangunan untuk bertahan dan membentuk pasukan untuk menyerang musuh. Pada *normal scene* ini pemain tidak dibatasi oleh waktu sehingga pemain bebas dalam mengumpulkan base sebanyak mungkin serta membangun pasukan sekuat mungkin. Ketika pemain memutuskan untuk menyerang maka pemain dapat melihat base musuh yang hendak dilawan. Perhitungan waktu dimulai ketika pemain men-*deploy* pasukannya. NPC pasukan tersebut mencari target terdekat untuk diserang.

Jenis – jenis NPC yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 2 jenis NPC dari pihak penyerang yang dibedakan menjadi pasukan jarak dekat (*Melee Troop*) dan pasukan dengan serangan jarak jauh (*Range Troop*), serta 2 jenis NPC dari pihak bertahan yaitu *Cannon* dan *Mortar*. Selain NPC pihak bertahan juga memiliki bangunan lain yaitu *Town Hall*, *Gold Storage*, *Stone Storage*, *Barrack*, *Builder Hut*, *Gold Collector*, *Stone Collector* dan *Army Camp*.

1. *Melee Troop*: Merupakan pasukan menggunakan pedang yang memiliki *health* yang besar sehingga mampu bertahan terhadap serangan musuh.
2. *Range Troop*: Memiliki keuntungan dalam kemampuan menyerang jarak jauh namun memiliki ketahanan yang lebih lemah dibanding *melee troops*.
3. *Cannon*: *Defensive Building* dengan kemampuan menembak single target serta memiliki kecepatan serangan yang cepat.
4. *Mortar*: Pertahanan dengan kecepatan menembak lebih lambat dari *cannon* namun memiliki damage yang besar serta mampu menghancurkan sekumpulan musuh dalam area ledakan pelurunya.
5. *Town Hall*: merupakan bangunan utama yang harus dilindungi, jika bangunan ini hancur, bisa dipastikan bahwa musuh menang.
6. *Gold Storage*: Bangunan penyimpanan *resource* berupa *Gold*.
7. *Stone Storage*: Bangunan untuk menyimpan *resource* berupa *Stone*.
8. *Gold Collector*: Bangunan yang bertugas mengumpulkan *resource Gold*.
9. *Stone Collector*: Bangunan yang bertugas mengumpulkan *resource Stone*.
10. *Barrack*: Tempat dimana pemain dapat membuat pasukan yang nantinya digunakan untuk menyerang.
11. *Army Camp*: Para pasukan yang telah dilatih di *barrack* berkumpul di area ini sebelum digunakan untuk menyerang.
12. *Builder Hut*: bangunan dimana para pekerja (*Builder*) tinggal, *builder* ini yang digunakan pemain untuk membangun bangunan baru atau menaikkan level bangunan yang telah ada.

Setiap NPC ataupun *Building* memiliki *Health Point* (HP), setiap kali NPC atau bangunan menerima serangan dari musuh maka nilai HP ini yang berkurang sesuai dengan besarnya *damage* yang dimiliki musuh. Selain HP setiap NPC dan

Defensive Building memiliki status *damage* yang digunakan untuk mengurangi HP musuh setiap kali menembak atau memukul, serta memiliki *Attack Range* untuk menentukan jarak musuh maksimal yang bisa ditembak. Status – status tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Status NPC dan Building

Jenis NPC/Building	Health Point	Damage	Attack Speed	Attack Range	Movement Speed
Melee Troop	65	14	1	0.5	16
Range Troop	28	12	1	3.5	24
Cannon	470	8.8	0.8	9	-
Mortar	450	25	5	11	-
Town Hall	1850	-	-	-	-
Gold Storage	600	-	-	-	-
Stone Storage	600	-	-	-	-
Gold Collector	440	-	-	-	-
Stone Collector	440	-	-	-	-
Barrack	290	-	-	-	-
Army Camp	270	-	-	-	-
Builder Hut	250	-	-	-	-

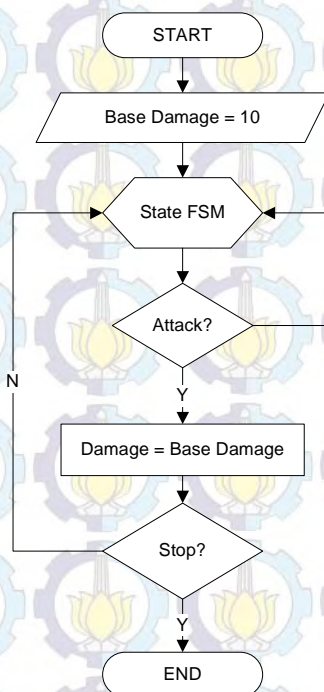
Defensive Building tidak memiliki *movement speed* karena NPC ini tidak memiliki perilaku berpindah atau bergerak, sehingga mereka mempertahankan base dengan menembak musuh yang berada dalam lingkup jarak serangnya. Sedangkan *normal building* tidak memiliki status selain *Health Point* karena *normal building* tidak ikut menyerang musuh yang menyerang, tetapi meraka kemungkinan akan diserang oleh musuh karena musuh memerlukan *resource* yang tersimpan dalam bangunan.

3.3 Perancangan Skenario Perhitungan *Damage* dan *Experience*

Perhitungan skor *damage* dilakukan tiap kali terjadi pukulan maupun tembakan oleh unit NPC penyerang maupun pihak bertahan, sedangkan perhitungan skor *experience* dilakukan ketika penyerangan telah berakhir.

3.3.1 Perhitungan *Damage* Menggunakan Logika Tegas

Perhitungan *damage* menggunakan logika tegas dilakukan dengan mengurangi nilai *health point* lawan yang diserang sebesar *base damage* yang dimiliki troop penyerang. Sebagai contoh sebuah troop dengan *base damage* sebesar 10 dan *attack speed* sebesar 1 detik, menyerang bangunan yang memiliki *health point* 100, maka tiap kali troop tersebut memukul bangunan maka nilai *health point* bangunan berkurang 10, sehingga untuk menghancurkan bangunan tersebut maka troop harus memukul bangunan tersebut sebanyak 10 kali atau dengan kata lain troop tersebut memerlukan waktu 10 detik untuk dapat menghancurkan bangunan yang diserangnya. Secara lebih jelas proses perhitungan *damage* menggunakan logika tegas dapat dilihat pada gambar 3.3.



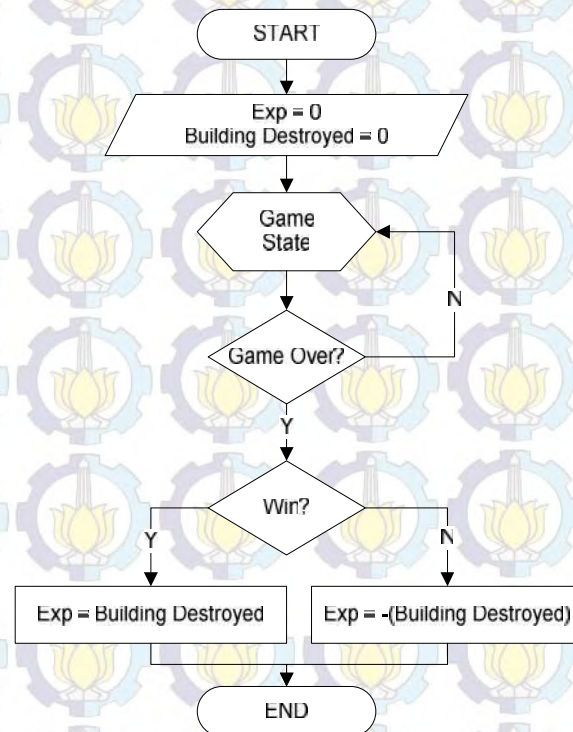
Gambar 3.3 Perhitungan *Damage* Logika Tegas

Ketika state sebuah NPC mencapai state untuk menyerang maka besarnya *damage* yang dikirim untuk mengurangi *health point* musuh yang diserang adalah sebesar *base damage* troop tersebut. hal ini berlangsung terus menerus sampai skenario penyerangan selesai atau troop mati karena diserang *defensive building* lawan.

3.3.2 Perhitungan *Experience* Menggunakan Logika Tegas

Perhitungan *experience* menggunakan logika tegas hampir sama dengan perhitungan *damage* logika tegas. Perhitungan *experience* sedikit berbeda karena perhitungan *experience* dilakukan setelah penyerangan selesai dilakukan dan besarnya nilai *experience* yang didapat bergantung pada besarnya hasil persentase bangunan yang berhasil dihancurkan. Nilai *experience* bernilai positif jika penyerang berhasil memenangkan penyerangan dan bernilai negatif jika penyerang gagal mengalahkan musuh yang diserangnya.

Berikut merupakan diagram yang menggambarkan proses perhitungan *experience* yang didapat dari hasil penyerangan (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Perhitungan *Experience* Menggunakan Logika Tegas

Jika skenario penyerangan telah selesai dan pemain memenangkan penyerangan maka nilai *experience* yang didapat sebesar persentase bangunan yang berhasil dihancurkan. Jika pemain kalah *experience* yang didapat juga sebesar persentase kehancuran bangunan, namun bernilai negatif.

3.3.3 Perhitungan *Damage* Menggunakan Persamaan Linear

Perhitungan *damage* menggunakan sistem persamaan linear merupakan perhitungan *damage* berdasarkan aturan-aturan tertentu yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini aturan-aturan tersebut dibangun untuk mencapai hasil perhitungan yang dinamis terhadap kondisi troop dan kemampuan pemain. Oleh karena itu perhitungan persamaan linear memiliki beberapa input yang merepresentasikan kondisi troop dan kemampuan pemain. Input yang digunakan adalah darah (*Health*) troop, jarak penyerangan, selisih level, dan skor penyerangan sebelumnya. Sehingga total *damage* yang dihasilkan sebuah troop didapat dari penjumlahan *base damage* dengan nilai dinamis, nilai dinamis ini bias bernilai positif maupun dinamis. Pembentukan persamaan linear menggunakan aturan sebagai berikut:

1. Jumlah maksimal penambahan atau pengurangan nilai *damage* adalah $\pm 50\%$ dari *base damage* troop.
2. Semakin besar nilai *health* maka *damage* yang dihasilkan semakin besar.
3. Semakin kecil nilai *health* maka *damage* yang dihasilkan semakin kecil.
4. Semakin dekat jarak penyerangan maka *damage* yang dihasilkan semakin besar.
5. Semakin jauh jarak penyerangan maka *damage* yang dihasilkan semakin kecil.
6. Semakin kecil level penyerang dari level pertahanan maka semakin besar *damage* yang dihasilkan.
7. Semakin besar level penyerang dari level pertahanan maka semakin kecil *damage* yang dihasilkan.
8. Semakin kecil skor penyerangan sebelumnya maka semakin besar *damage* yang dihasilkan oleh troop.
9. Semakin besar skor penyerangan sebelumnya maka semakin kecil *damage* yang dihasilkan oleh troop.

Setelah aturan-aturan yang digunakan ditetapkan maka dibentuk suatu persamaan yang merepresentasikan aturan-aturan tersebut. Pada penelitian ini persamaan atau rumus yang digunakan untuk menghitung *damage* yang dihasilkan troop adalah sebagai berikut:

$$Damage = BD + \frac{RBHealth + RBRange + RBLevel + RBSkor}{4} \times BD \quad (3.1)$$

BD merupakan besar *base damage* dari troop. RBHealth, RBRRange, RBLevel, dan RBSkor merupakan nilai-nilai yang merepresentasikan *health troop*, *range* ketika serangan dilakukan, selisih level penyerang dan pertahanan, serta skor penyerangan sebelumnya. keempat nilai ini memiliki rentang nilai -50 sampai dengan 50. Nilai RBHealth, RBRRange, RBLevel dan RBSkor didapat dari persamaan-persamaan sebagai berikut:

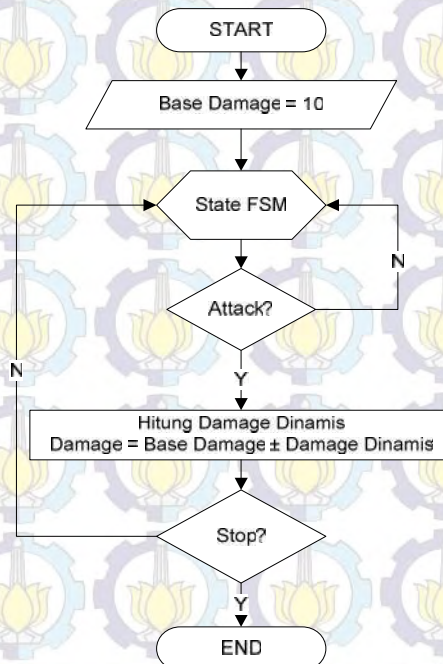
$$RBHealth = \frac{Health}{Max\ Health} \times 100 - 50 \quad (3.2)$$

$$RBRRange = \frac{Range}{Max\ Range} \times 100 - 50 \times -1 \quad (3.3)$$

$$RBLevel = Selisih\ Level \times (-5) \quad (3.4)$$

$$RBSkor = Skor\ Sebelumnya - 50 \times -1 \quad (3.5)$$

Selisih level memiliki rentang nilai -10 sampai dengan 10, sedangkan skor sebelumnya memiliki rentang nilai 0 sampai dengan 100. Persamaan atau rumus yang dibentuk digunakan pada proses perhitungan *damage* ketika *state* dari FSM troop berada pada kondisi menyerang. Secara lebih jelas prosesnya dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah ini:



Gambar 3.5 Perhitungan *Damage* Menggunakan persamaan linear

3.3.4 Perhitungan *Experience* Menggunakan Persamaan Linear

Perhitungan *experience* yang didapat pemain menggunakan persamaan linear merupakan hasil perhitungan dari persamaan yang dibentuk berdasarkan beberapa kombinasi dari variable-variabel input yang digunakan. Pada penelitian ini ada empat buah variable input yang digunakan yaitu selisih level, lamanya waktu penyerangan, persentase troop yang tersisa pada akhir penyerangan dan persentase bangunan yang berhasil dihancurkan. Proses Pembentukan persamaan linear menggunakan aturan-aturan sebagai berikut:

1. Jika penyerangan berhasil maka *experience* bernilai positif jika penyerangan gagal maka *experience* bernilai negative.
2. Semakin kecil level penyerang dari level pertahanan maka semakin besar nilai *experience* yang didapat.
3. Semakin besar level penyerang dari level pertahanan maka semakin kecil nilai *experience* yang dihasilkan.
4. Semakin cepat waktu penyerangan maka semakin besar *experience*.
5. Semakin lama waktu penyerangan maka semakin kecil *experience*.
6. Semakin sedikit troop yang tersisa maka semakin besar nilai *experience*.
7. Semakin banyak troop yang tersisa maka semakin kecil nilai *experience*.
8. Semakin besar persentase kehancuran bangunan maka semakin besar nilai *experience* yang didapat.
9. Semakin kecil persentase kehancuran bangunan maka semakin kecil nilai *experience* yang didapat

Dari aturan-aturan diatas dibentuk sebuah persamaan untuk menghitung besar nilai *experience*. Pada penelitian ini persamaan yang digunakan adalah:

$$Exp = \frac{(RBLevel+RBWaktu+RBTroop+RBBangunan)}{4} \quad (3.6)$$

RBLevel, RBWaktu, RBTroop, dan RBBangunan merupakan parameter-parameter yang merepresentasikan nilai variable input selisih level, waktu penyerangan, troop yang tersisa dan persentase bangunan yang berhasil dihancurkan. Keempat nilai ini memiliki rentang nilai dari 0 sampai dengan 100.

Nilai RBLevel, RBWaktu, RBTroop, dan RBBangunan didapat melalui perhitungan sebagai berikut:

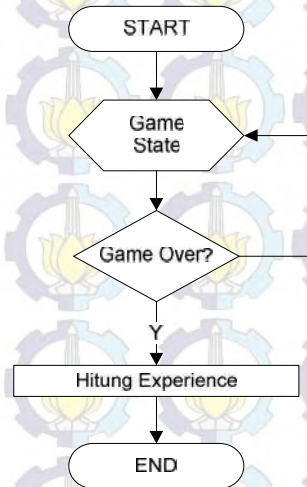
$$RBLevel = 100 - \frac{Selisih\ Level}{10} \times 5 \quad (3.7)$$

$$RBWaktu = 100 - \frac{Waktu}{Max\ Waktu} \times 100 \quad (3.8)$$

$$RBTroop = \frac{Troop\ Sisa}{Troop\ yang\ digunakan} \times 100 \quad (3.9)$$

$$RBBangunan = \frac{Bangunan\ Hancur}{Jumlah\ Bangunan} \times 100 \quad (3.10)$$

Persamaan diatas kemudian digunakan untuk menghitung besar nilai experience yang didapat pemain. Lebih jelasnya proses perhitungan nilai experience dapat dilihat pada diagram di bawah ini (Gambar 3.6):



Gambar 3.6 Perhitungan *Experience* Menggunakan persamaan linear

3.3.5 Perhitungan *Damage* Menggunakan *Fuzzy Inference System*

Perhitungan *damage* menggunakan *fuzzy inference system* memiliki variable input yang sama dengan perhitungan *damage* menggunakan persamaan linear yaitu *health troop*, *range*, selisih level dan skor penyerangan sebelumnya. Besarnya *damage* yang dihasilkan dihitung dengan:

$$Damage = Base\ Damage \times (Base\ Damage \times Fuzzy\ Score / 100) \quad (3.1)$$

Sebagai contoh misalkan NPC memiliki *base damage* 10 kemudian hasil *fuzzy score* adalah 25, maka besar *damage* total yang dihasilkan adalah:

$$Damage = 10 \times (10 \times 50 / 100)$$

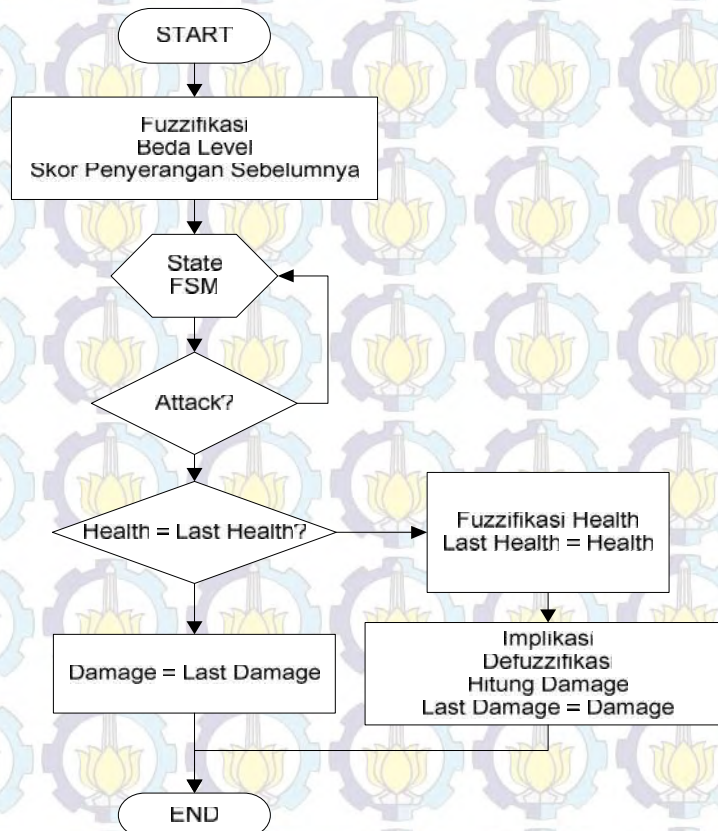
$$Damage = 15$$

Karena jenis NPC yang dapat menyerang ada dua yaitu NPC yang menyerang jarak dekat (*Melee Troop*) dan NPC yang menyerang jarak jauh (*Range Troop*), maka sistem perhitungan fuzzy yang digunakan antara keduanya berbeda.

Perhitungan fuzzy pada *Range Troop* menggunakan parameter range sedangkan perhitungan fuzzy pada *Melee Troop* tidak menggunakan parameter range. Parameter lain yang digunakan keduanya adalah *Health*, Selisih level, dan Skor Penyerangan Sebelumnya.

1. *Melee Troop*

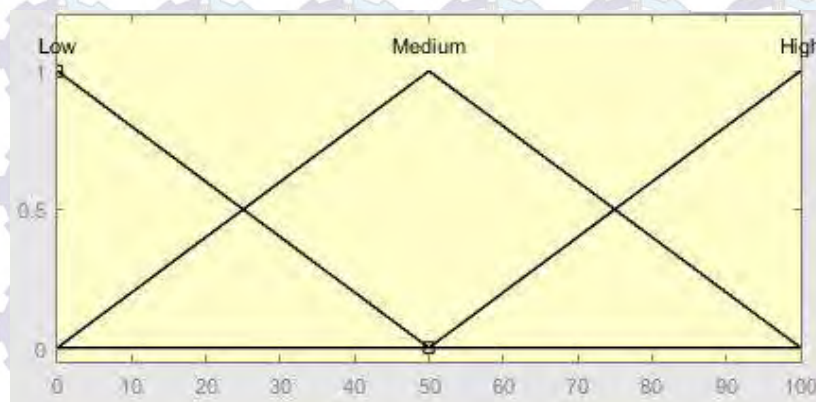
Parameter yang digunakan untuk menghitung *damage* pada melee troop adalah *Health*, Selisih Level dan Skor Penyerangan Sebelumnya. Agar lebih jelasnya sistem perhitungan damage dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Perhitungan *Damage* Melee Troop

Pada saat pemain memutuskan untuk menyerang sebuah base musuh maka, yang pertama kali dilakukan adalah melakukan perhitungan fuzzifikasi selisih level dan fuzzifikasi skor penyerangan sebelumnya. Hal ini berguna untuk mengoptimasi perhitungan fuzzy yang dilakukan agar berjalan lebih cepat. Apabila FSM sebuah NPC memutuskan sudah saatnya memukul atau menembak maka sistem melakukan pengecekan apakah health troop mengalami perubahan nilai health atau tidak. Jika NPC melakukan attack pertama kalinya atau jika *health* troop mengalami perubahan nilai maka sistem melakukan proses fuzzifikasi *health*. Kemudian dilanjutkan dengan proses fuzzy selanjutnya yaitu implikasi dan defuzzifikasi yang digunakan untuk menghitung besar damage total yang dihasilkan. Nilai *damage* ini kemudian disimpan menjadi nilai *last damage* agar ketika melakukan attack selanjutnya jika nilai health troop tidak berubah tidak perlu dilakukan perhitungan ulang dan gunakan nilai *last damage* sebagai nilai *damage* yang diberikan pada NPC atau *building* yang diserang.

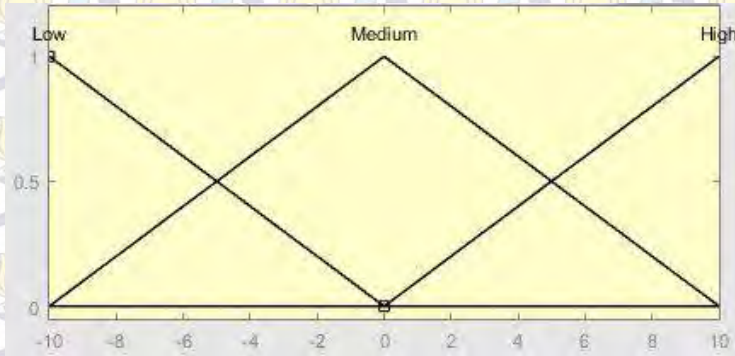
Parameter *health* didapat dari persentase *health* troop saat menyerang terhadap nilai maksimal *health point* troop tersebut. Sehingga parameter *health* memiliki rentang nilai dari 0 sampai dengan 100. Dari rentang nilai tersebut kemudian dibagi menjadi 3 kategori yaitu Low, Medium dan High. Derajat keanggotaan parameter fuzzy *health* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Derajat Keanggotaan Parameter Health

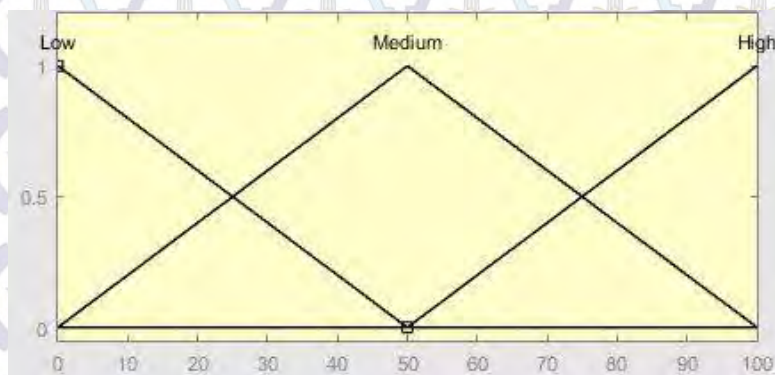
Parameter selisih level didapat dengan melihat selisih nilai antara penyerang dan pihak yang diserang. Parameter ini memiliki rentang nilai -10 sampai dengan 10.

Parameter selisih level memiliki tiga kategori di dalamnya yaitu, Low, Medium dan High. Derajat keanggotaan parameter selisih level dapat dilihat pada gambar 3.9.



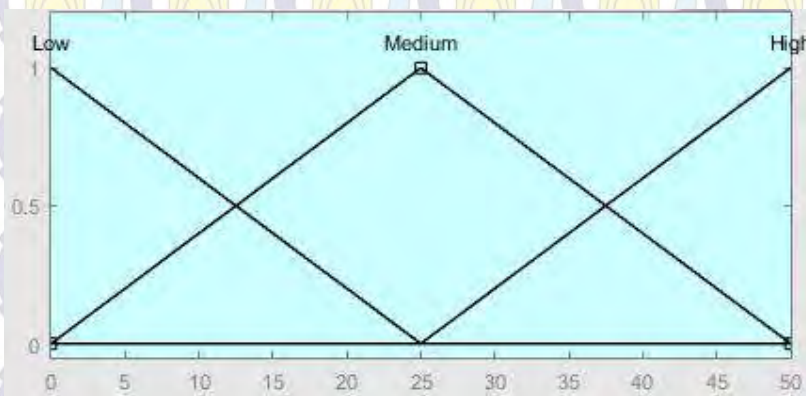
Gambar 3.9 Derajat Keanggotaan Parameter Selisih Level

Parameter terakhir yang digunakan adalah parameter skor penyerangan sebelumnya. Parameter ini didapat dari persentase bangunan yang berhasil dihancurkan pemain pada serangan yang dilakukan sebelumnya. Parameter ini memiliki rentang nilai 0 sampai dengan 100. Derajat keanggotaannya dapat dilihat pada gambar 3.10 di bawah ini.



Gambar 3.10 Derajat Keanggotaan Parameter Skor Penyerangan Sebelumnya

Selain derajat keanggotaan parameter input diatas diperlukan pula derajat keanggotaan output berupa *Fuzzy Score*, yang nantinya digunakan untuk proses defuzzifikasi. Derajat keanggotaan fuzzy score dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Derajat Keanggotaan Output Fuzzy Score

Rentang nilai pada *fuzzy score* adalah 0 sampai dengan 50. Hal ini digunakan agar nilai dinamis yang dihasilkan dapat menambah atau mengurangi damage NPC sebesar 50%. Jadi total *damage* minimum yang mungkin dihasilkan sebuah NPC adalah 50% *base damage*-nya, dan besar damage total maksimum yang mampu dihasilkan adalah 150% *base damage* NPC tersebut.

Dari 3 buah parameter input dan 1 buah parameter output diatas dibentuk 27 rule yang digunakan sebagai basis pengetahuan fuzzy. Rule-rule tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini.

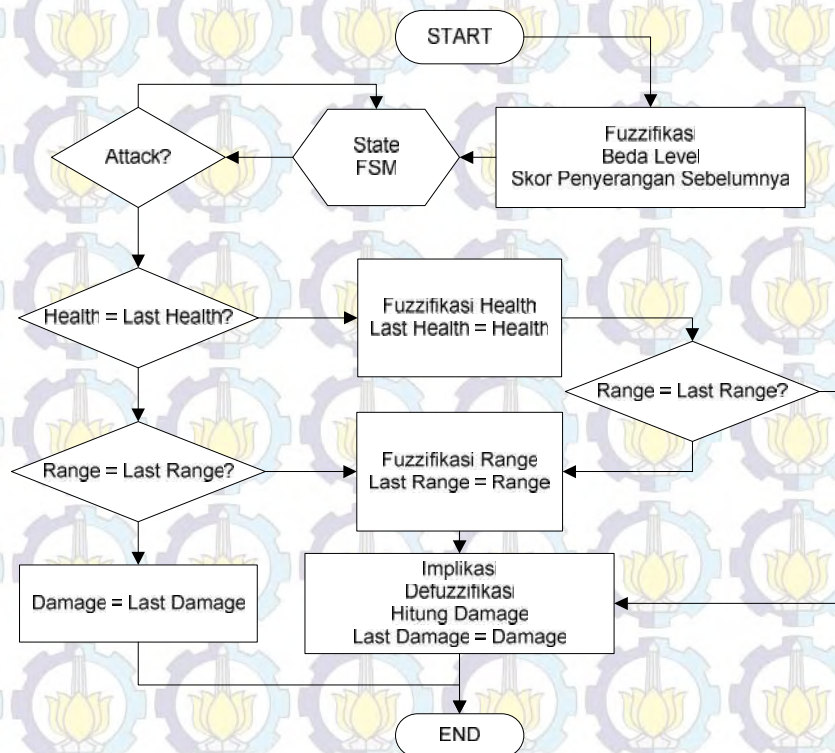
Tabel 3.2 Rule Base Scoring Damage Melee NPC

Rule	Health	Selisih level	Skor Sebelumnya	=	Fuzzy Score
1	Low	Low	Low	=	High
2	Low	Low	Medium	=	Medium
3	Low	Low	High	=	Low
4	Low	Medium	Low	=	Low
5	Low	Medium	Medium	=	Medium
6	Low	Medium	High	=	Low
7	Low	High	Low	=	Low
8	Low	High	Medium	=	Low
9	Low	High	High	=	Low
10	Medium	Low	Low	=	High
11	Medium	Low	Medium	=	Medium
12	Medium	Low	High	=	Low
13	Medium	Medium	Low	=	Medium
14	Medium	Medium	Medium	=	Medium
15	Medium	Medium	High	=	Low
16	Medium	High	Low	=	Medium
17	Medium	High	Medium	=	Medium

Rule	Health	Selisih level	Skor Sebelumnya	=	Fuzzy Score
18	Medium	High	High	=	Low
19	High	Low	Low	=	High
20	High	Low	Medium	=	High
21	High	Low	High	=	Medium
22	High	Medium	Low	=	High
23	High	Medium	Medium	=	High
24	High	Medium	High	=	Medium
25	High	High	Low	=	High
26	High	High	Medium	=	Medium
27	High	High	High	=	Low

2. Range Troop

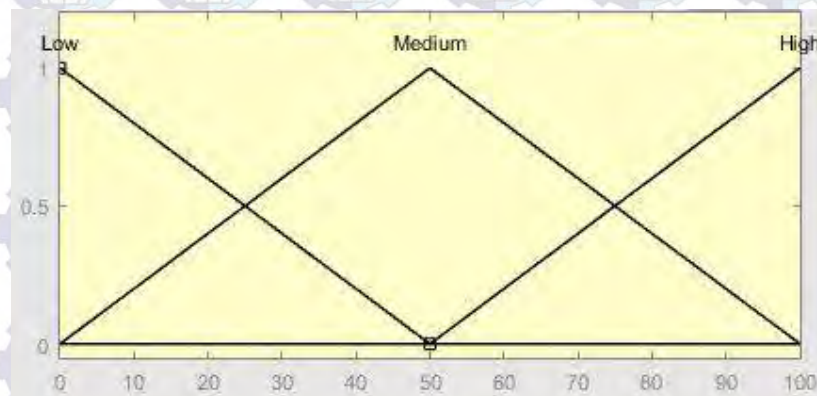
Proses perhitungan damage pada *range troop* menggunakan parameter sama seperti yang digunakan oleh *melee troop*. Namun pada perhitungan *damage* pada *range troop* ditambah satu parameter input tambahan, yaitu jarak (*range*). Sehingga algoritma yang digunakan untuk menghitung damage pun berbeda dari *melee troop*. Proses perhitungan damage range troop terlihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Perhitungan *Damage Range Troop*

Proses perhitungan *damage* pada *range troop* sangat mirip dengan proses perhitungan *damage melee troop*. Proses perhitungan *range troop* ditambah dengan adanya proses fuzzifikasi parameter *range* dan pengecekan *range troop* saat ini berbeda dengan *range* ketika terakhir kali menembak, jika berbeda maka akan dilakukan ulang proses fuzzifikasi *range* dan proses fuzzy selanjutnya. Ketika nilai *health* dan nilai *range* tidak mengalami perubahan maka nilai *last damage* dipakai sebagai nilai *damage* yang diberikan kepada NPC atau building yang diserang tanpa perlu melakukan proses perhitungan fuzzy lagi.

Parameter *range* ini didapat dengan melihat persentase jarak troop dengan unit yang diserang terhadap jarak maksimal serangan NPC. Sehingga rentang nilai yang dimiliki parameter ini adalah 0 sampai dengan 100 yang mencakup tiga kategori di dalamnya yaitu Low, Medium, dan High. Derajat keanggotaan parameter ini dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Derajat Keanggotaan Parameter Range

Ketiga parameter lain yang digunakan dalam proses perhitungan *damage range troop* sama persis dengan derajat keanggotaan pada proses perhitungan *damage melee troop*. Sehingga derajat keanggotaan *health* dapat dilihat pada gambar 3.4. Derajat keanggotaan Selisih Level dapat dilihat pada gambar 3.5 dan derajat keanggotaan Skor Penyerangan Sebelumnya dapat dilihat pada gambar 3.6.

Dengan bertambahnya jumlah parameter menjadi 4, maka banyaknya *rulebase* yang digunakan semakin bertambah. Sehingga jumlah *rulebase* yang digunakan menjadi 81 rule, yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Rule Base Score Damage Range NPC

Rule	Health	Range	Selisih level	Skor Sebelumnya	=	Fuzzy Score
1	Low	Low	Low	Low	=	High
2	Low	Low	Low	Medium	=	Medium
3	Low	Low	Low	High	=	Low
4	Low	Low	Medium	Low	=	Medium
5	Low	Low	Medium	Medium	=	Medium
6	Low	Low	Medium	High	=	Low
7	Low	Low	High	Low	=	Low
8	Low	Low	High	Medium	=	Low
9	Low	Low	High	High	=	Low
10	Low	Medium	Low	Low	=	High
11	Low	Medium	Low	Medium	=	Medium
12	Low	Medium	Low	High	=	Low
13	Low	Medium	Medium	Low	=	Medium
14	Low	Medium	Medium	Medium	=	Low
15	Low	Medium	Medium	High	=	Low
16	Low	Medium	High	Low	=	Low
17	Low	Medium	High	Medium	=	Low
18	Low	Medium	High	High	=	Low
19	Low	High	Low	Low	=	Medium
20	Low	High	Low	Medium	=	Low
21	Low	High	Low	High	=	Low
22	Low	High	Medium	Low	=	Low
23	Low	High	Medium	Medium	=	Low
24	Low	High	Medium	High	=	Low
25	Low	High	High	Low	=	Low
26	Low	High	High	Medium	=	Low
27	Low	High	High	High	=	Low
28	Medium	Low	Low	Low	=	High
29	Medium	Low	Low	Medium	=	High
30	Medium	Low	Low	High	=	Medium
31	Medium	Low	Medium	Low	=	High
32	Medium	Low	Medium	Medium	=	Medium
33	Medium	Low	Medium	High	=	Medium
34	Medium	Low	High	Low	=	Medium
35	Medium	Low	High	Medium	=	Low
36	Medium	Low	High	High	=	Low
37	Medium	Medium	Low	Low	=	High
38	Medium	Medium	Low	Medium	=	Medium
39	Medium	Medium	Low	High	=	Medium
40	Medium	Medium	Medium	Low	=	High
41	Medium	Medium	Medium	Medium	=	Medium
42	Medium	Medium	Medium	High	=	Low
43	Medium	Medium	High	Low	=	Medium
44	Medium	Medium	High	Medium	=	Low
45	Medium	Medium	High	High	=	Low

Rule	Health	Range	Selisih level	Skor Sebelumnya	=	Fuzzy Score
46	Medium	High	Low	Low	=	High
47	Medium	High	Low	Medium	=	Medium
48	Medium	High	Low	High	=	Medium
49	Medium	High	Medium	Low	=	Medium
50	Medium	High	Medium	Medium	=	Medium
51	Medium	High	Medium	High	=	Low
52	Medium	High	High	Low	=	Medium
53	Medium	High	High	Medium	=	Low
54	Medium	High	High	High	=	Low
55	High	Low	Low	Low	=	High
56	High	Low	Low	Medium	=	High
57	High	Low	Low	High	=	High
58	High	Low	Medium	Low	=	High
59	High	Low	Medium	Medium	=	High
60	High	Low	Medium	High	=	Medium
61	High	Low	High	Low	=	High
62	High	Low	High	Medium	=	Medium
63	High	Low	High	High	=	Medium
64	High	Medium	Low	Low	=	High
65	High	Medium	Low	Medium	=	High
66	High	Medium	Low	High	=	Medium
67	High	Medium	Medium	Low	=	High
68	High	Medium	Medium	Medium	=	High
69	High	Medium	Medium	High	=	Medium
70	High	Medium	High	Low	=	High
71	High	Medium	High	Medium	=	High
72	High	Medium	High	High	=	High
73	High	High	Low	Low	=	High
74	High	High	Low	Medium	=	High
75	High	High	Low	High	=	Medium
76	High	High	Medium	Low	=	High
77	High	High	Medium	Medium	=	High
78	High	High	Medium	High	=	Medium
79	High	High	High	Low	=	High
80	High	High	High	Medium	=	Medium
81	High	High	High	High	=	Low

Penyerangan akan berlangsung terus menerus selama 120 detik dan akan berhenti jika waktu telah mencapai 120 detik, seluruh bangunan telah hancur, atau troop pemain telah dipakai dan semuanya gugur selama serang menyerang.

Perhitungan *experience* dilakukan pada saat penyerangan telah berhenti.

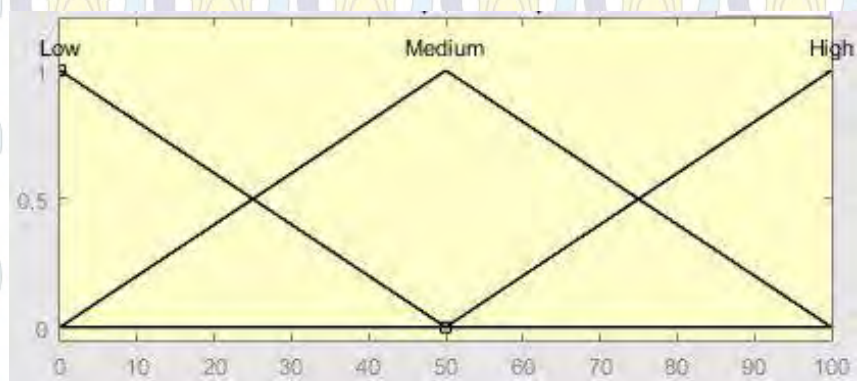
3.3.6 Perhitungan *Experience* Menggunakan Fuzzy

Penyerang akan ditetapkan sebagai pemenang apabila telah berhasil menghancurkan lebih dari 50% jumlah bangunan musuh atau berhasil menghancurkan bangunan utama (*Town Hall*) musuh dalam waktu 120 detik. Apabila selama 120 detik pasukan penyerang tidak mampu menghancurkan lebih dari 50% atau menghancurkan *Town Hall* maka pihak yang bertahan yang dinyatakan sebagai pemenang.

Pada akhir penyerangan pemain yang menyerang dan yang bertahan mendapatkan nilai *experience*. Nilai *experience* ini mempengaruhi tinggi rendahnya level pemain. Pihak yang menang mendapat nilai *experience* positif dan pihak yang kalah mendapat nilai *experience* negatif.

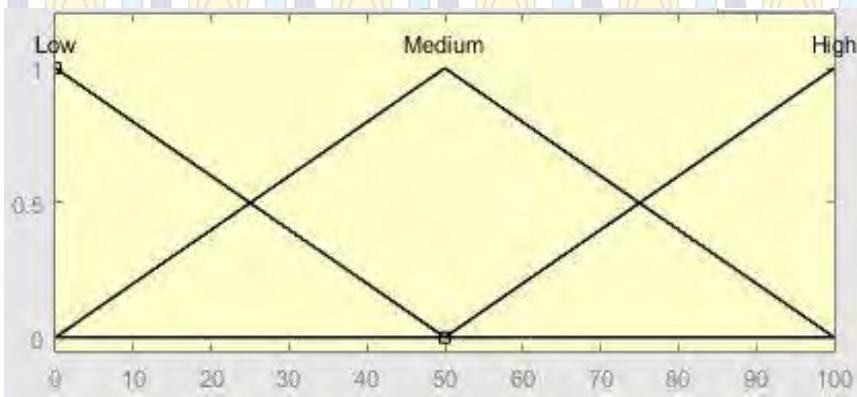
Besar nilai *experience* pada akhir penyerangan dihitung menggunakan fuzzy scoring sistem. Parameter yang digunakan dalam sistem fuzzy ini adalah persentase kehancuran bangunan musuh (*Building Destroyed*), lama waktu penyerangan (*Time*), selisih level penyerang dengan pihak yang bertahan, dan jumlah pasukan yang selamat pada saat akhir penyerangan. Persentase bangunan hancur (*Building Destroyed*) memiliki rentang 0 sampai dengan 100, nilai ini didapat dengan menghitung persentase jumlah bangunan yang sudah dihancurkan penyerang. Lamanya waktu penyerangan dilihat dari persentase waktu yang digunakan terhadap lama waktu maksimal (120 detik). Untuk selisih level antara penyerang dan pihak bertahan dibatasi dengan rentang ± 10 . Sedangkan jumlah pasukan yang bertahan sampai akhir penyerangan dihitung dengan besar persentase pasukan selamat dari seluruh jumlah pasukan yang digunakan untuk menyerang.

Parameter input *building destroyed* digunakan untuk merepresentasikan kemampuan pemain dalam menggunakan pasukannya untuk menghancurkan base lawan. Dari rentang nilai 0 sampai dengan 100 dibagi menjadi 3 kategori, yaitu Low, Medium dan High. Derajat keanggotaan parameter *building* ini dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Derajat Keanggotaan Parameter Building Destroyed

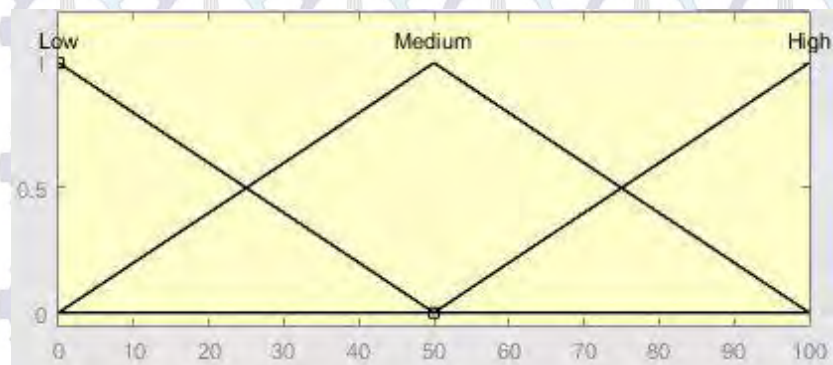
Parameter input waktu penyerangan (*time*) dan troop selamat (*troop survive*) merupakan input yang digunakan untuk menggambarkan efektifitas strategi penyerangan yang digunakan pemain. Parameter *time* didapat dengan melihat persentase antara waktu yang digunakan dan waktu maksimal penyerangan. Sehingga semakin cepat waktu penyerangan menggambarkan semakin baik strategi dan kekuatan pasukan pemain tersebut. Rentang nilai yang digunakan adalah 0 sampai dengan 100, dan dibagi menjadi tiga kategori yaitu Low, Medium dan High. Derajat keanggotaan parameter *time* dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Derajat Keanggotaan Parameter Time

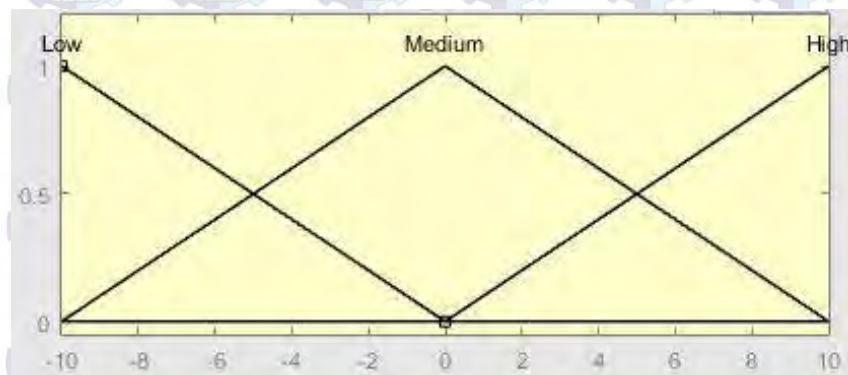
Parameter selanjutnya adalah parameter *troop* yang selamat pada akhir penyerangan. Semakin sedikit *troop* yang selamat pada akhir penyerangan menunjukkan kemampuan olah strategi penyerangan semakin baik, karena pemain

mampu memperhitungkan kekuatan secukupnya untuk mengalahkan lawan tanpa perlu menggunakan kekuatan serang yang berlebihan. Parameter ini memiliki rentang nilai dari 0 sampai dengan 100 yang dibagi menjadi kategori Low, Normal, dan High. Derajat keanggotaan yang digunakan dapat dilihat dari gambar 3.16.



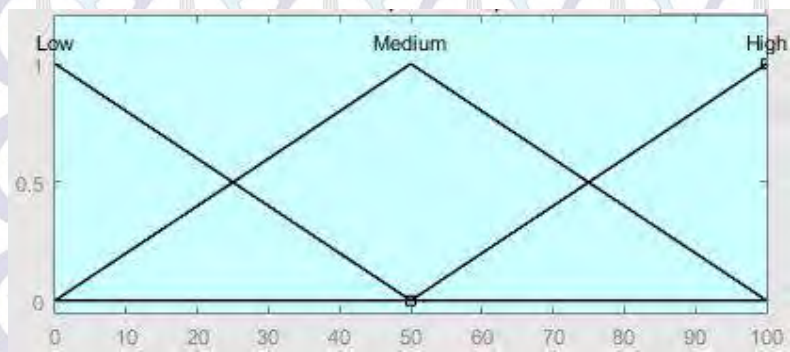
Gambar 3.16 Derajat Keanggotaan Parameter *Troop Survive*

Parameter terakhir yang digunakan adalah parameter input selisih level. Parameter ini menunjukkan jika seorang pemain mampu menang dalam menghadapi lawan dengan level yang lebih tinggi maka pemain tersebut patut diberikan nilai experience lebih karena dia mampu mengolah kekuatan pasukannya dengan baik. Rentang nilai parameter ini dimulai dari -10 sampai dengan 10 dengan kategori Low, Normal dan High. Derajat keanggotannya dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Derajat Keanggotaan Parameter Input Selisih Level

Pada perhitungan *experience* output yang digunakan merupakan nilai *experience* dengan rentang nilai 0 sampai dengan 100. Rentang nilai tersebut dibagi menjadi tiga kategori yaitu Low, Normal, dan High. Derajat keanggotaan parameter output *experience* dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18. Derajat Keanggotaan Parameter Output Experience

Dari 4 buah input dan 1 buah input dibentuk basis *rulebase* dengan jumlah rule 81. *Rulebase* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dari tabel 3.4.

Tabel 3.4 Rule Base Skor Experience

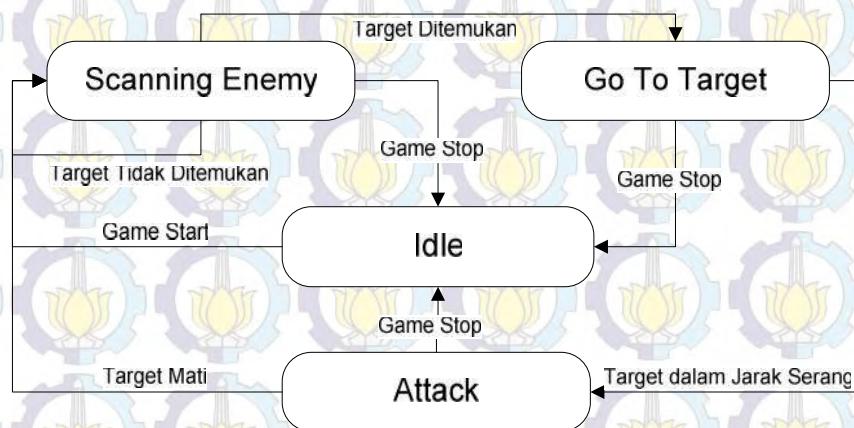
Rule	Health	Range	Selisih level	Skor Sebelumnya	=	Fuzzy Score
1	Low	Low	Low	Low	=	Medium
2	Low	Low	Low	Medium	=	Medium
3	Low	Low	Low	High	=	Low
4	Low	Low	Medium	Low	=	Medium
5	Low	Low	Medium	Medium	=	Medium
6	Low	Low	Medium	High	=	Low
7	Low	Low	High	Low	=	Low
8	Low	Low	High	Medium	=	Low
9	Low	Low	High	High	=	Low
10	Low	Medium	Low	Low	=	Medium
11	Low	Medium	Low	Medium	=	Medium
12	Low	Medium	Low	High	=	Low
13	Low	Medium	Medium	Low	=	Medium
14	Low	Medium	Medium	Medium	=	Low
15	Low	Medium	Medium	High	=	Low
16	Low	Medium	High	Low	=	Low
17	Low	Medium	High	Medium	=	Low
18	Low	Medium	High	High	=	Low
19	Low	High	Low	Low	=	Low
20	Low	High	Low	Medium	=	Low
21	Low	High	Low	High	=	Low

Rule	Health	Range	Selisih level	Skor Sebelumnya	=	Fuzzy Score
22	Low	High	Medium	Low	=	Low
23	Low	High	Medium	Medium	=	Low
24	Low	High	Medium	High	=	Low
25	Low	High	High	Low	=	Low
26	Low	High	High	Medium	=	Low
27	Low	High	High	High	=	Low
28	Medium	Low	Low	Low	=	High
29	Medium	Low	Low	Medium	=	High
30	Medium	Low	Low	High	=	Medium
31	Medium	Low	Medium	Low	=	High
32	Medium	Low	Medium	Medium	=	Medium
33	Medium	Low	Medium	High	=	Medium
34	Medium	Low	High	Low	=	High
35	Medium	Low	High	Medium	=	Medium
36	Medium	Low	High	High	=	Low
37	Medium	Medium	Low	Low	=	High
38	Medium	Medium	Low	Medium	=	Medium
39	Medium	Medium	Low	High	=	Low
40	Medium	Medium	Medium	Low	=	Medium
41	Medium	Medium	Medium	Medium	=	Medium
42	Medium	Medium	Medium	High	=	Medium
43	Medium	Medium	High	Low	=	Medium
44	Medium	Medium	High	Medium	=	Medium
45	Medium	Medium	High	High	=	Low
46	Medium	High	Low	Low	=	High
47	Medium	High	Low	Medium	=	Medium
48	Medium	High	Low	High	=	Medium
49	Medium	High	Medium	Low	=	Medium
50	Medium	High	Medium	Medium	=	Medium
51	Medium	High	Medium	High	=	Low
52	Medium	High	High	Low	=	Medium
53	Medium	High	High	Medium	=	Medium
54	Medium	High	High	High	=	Low
55	High	Low	Low	Low	=	High
56	High	Low	Low	Medium	=	High
57	High	Low	Low	High	=	High
58	High	Low	Medium	Low	=	High
59	High	Low	Medium	Medium	=	High
60	High	Low	Medium	High	=	Medium
61	High	Low	High	Low	=	High
62	High	Low	High	Medium	=	Medium
63	High	Low	High	High	=	Medium
64	High	Medium	Low	Low	=	High
65	High	Medium	Low	Medium	=	High
66	High	Medium	Low	High	=	Medium
67	High	Medium	Medium	Low	=	High
68	High	Medium	Medium	Medium	=	Medium
69	High	Medium	Medium	High	=	Medium

Rule	Health	Range	Selisih level	Skor Sebelumnya	=	Fuzzy Score
70	High	Medium	High	Low	=	High
71	High	Medium	High	Medium	=	High
72	High	Medium	High	High	=	Medium
73	High	High	Low	Low	=	High
74	High	High	Low	Medium	=	High
75	High	High	Low	High	=	Medium
76	High	High	Medium	Low	=	High
77	High	High	Medium	Medium	=	High
78	High	High	Medium	High	=	Medium
79	High	High	High	Low	=	High
80	High	High	High	Medium	=	Medium
81	High	High	High	High	=	Medium

3.4 Implementasi

Perhitungan skor dapat berjalan ketika adanya interaksi antar NPC dalam penelitian ini interaksi antar NPC tersebut berupa serang menyerang antar NPC dan bangunan, untuk mencapai hal tersebut diperlukan adanya behavior pada NPC. Pada penelitian ini behavior NPC dibagi menjadi dua dimana FSM pertama digunakan untuk NPC penyerang karena NPC penyerang memiliki kemampuan untuk berjalan atau berpindah tempat, sedangkan FSM kedua digunakan untuk NPC bertahan dimana NPC menyerang tanpa berpindah-pindah. FSM yang digunakan NPC penyerang dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19 FSM NPC Penyerang

Pada penelitian ini NPC penyerang memulai game dengan kondisi state idle, ketika penyerangan dimulai atau ketika troop di-*deploy* maka state berpindah menuju state *scanning enemy*. State ini terus berlangsung jika tidak ada musuh yang ditemukan, namun jika NPC mendeteksi adanya musuh maka state berpindah menjadi state *go to target*. Dimana state ini membandingkan jarak NPC terhadap NPC atau building yang menjadi target dengan jarak maksimal serangan yang bias dilakukan, apabila target serang sudah berada dalam radius tembakan atau pukulan maka NPC berpindah state menjadi state attack dan kemudian menyerang target. Apabila target serangan sudah mati atau hancur maka state kembali menuju state scanning untuk mencari target baru. Proses terus berulang sampai NPC mati atau skenario penyerangan selesai.

NPC defensive building menyerang target yang berada pada radius jarak serangnya. Sehingga FSM yang digunakan berbeda dengan FSM pada NPC troop atau NPC penyerang. FSM yang digunakan pada NPC defensive building dapat dilihat pada gambar 3.20:



Gambar 3.20 FSM NPC Defensive Building

Pada awal penyerangan state NPC defensive building berada pada kondisi idle, yang otomatis berpindah ke state scanning enemy. Ketika ada musuh yang memasuki area serangannya maka state NPC berpindah ke state attack dimana NPC menyerang musuh yang mendekatinya.

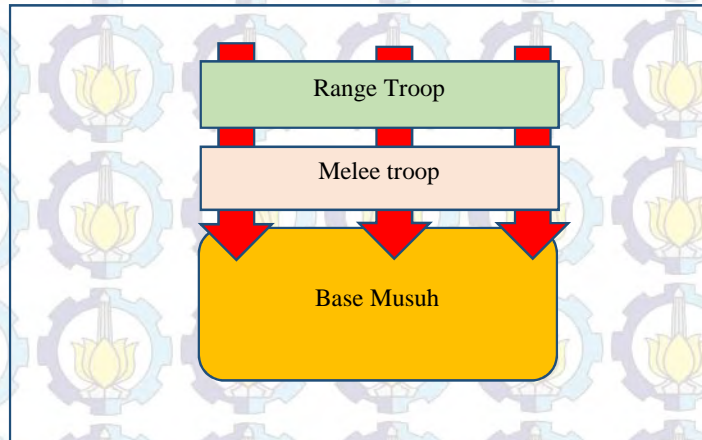
3.5 Skenario Pengujian Sistem

Sistem perhitungan damage dan experience yang telah dirancang diuji pada beberapa skenario. Skenario pengujian dilakukan untuk menganalisa keberhasilan sistem perhitungan damage dan experience dalam mencapai tujuan yaitu memperoleh sistem perhitungan skor yang dinamis dan realistis. Skenario pengujian juga dilakukan untuk membandingkan sistem perhitungan damage dan experience dengan menggunakan logika tegas, persamaan linear dan *Fuzzy Inference System* (FIS).

Pengujian terhadap sistem dilakukan melalui dua tahap. Pengujian pertama dilakukan untuk melihat keberhasilan sistem perhitungan damage dalam membentuk sebuah game yang terlihat realistis. Pengujian kedua dilakukan untuk melihat sisi dinamis dari perhitungan damage dan experience.

1. Pengujian 1: Pengujian ini dilakukan terhadap NPC yang menyerang jarak dekat (melee troop). Skenario pengujian terhadap melee troop dilakukan dengan men-generate 10 data random terhadap variable Selisih Level dan Skor Penyerangan Sebelumnya. 10 data random tersebut dipadukan dengan 5 buah data nilai HP, sebesar 20, 40, 60, 80, dan 100. Parameter-parameter ini digunakan sebagai parameter status troop untuk menghancurkan sebuah bangunan yang memiliki HP sebesar 250. Selanjutnya akan dibandingkan besarnya nilai damage yang dihasilkan troop tersebut dan waktu yang digunakan untuk menghancurkan bangunan yang diserang.
2. Pengujian 2: Pengujian ini dilakukan dengan membuat skenario serang menyerang dengan 3 jenis formasi penyerangan. Jumlah troop yang digunakan dalam menyerang terdiri dari 30 melee troop, 30 range troop, dan 15 melee troop di gabung dengan 30 range troop. Parameter pengujian terdiri dari 50 random data yang digunakan pada tiga formasi penyerangan dan 3 jenis kombinasi pasukan yang berbeda. Dari pengujian ini kemudian dibandingkan hasil penyerangan yang dilakukan dengan melihat status hasil penyerangan berupa banyaknya kemenangan yang diperoleh, waktu yang digunakan untuk menyerang, persentase bangunan yang berhasil dihancurkan, troop yang tersisa pada akhir penyerangan dan besarnya experience yang didapat.

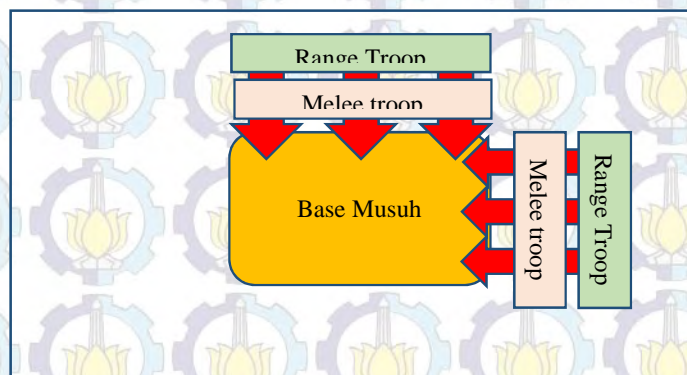
- a. Skenario penyerangan dilakukan dengan menyerang dari 1 sisi base musuh, secara lebih jelas terlihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Skenario Serangan 1 Sisi

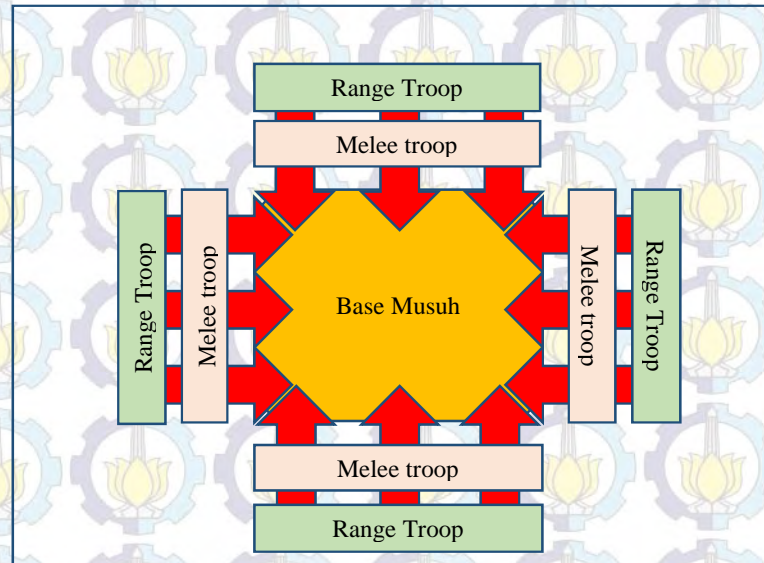
Serangan dilakukan dengan memfokuskan serangan terhadap satu sisi bagian pertahanan. Formasi yang digunakan adalah pasukan melee troop berbaris di depan, diikuti oleh pasukan range troop di belakangnya.

- b. Skenario penyerangan kedua dilakukan dengan menyerang base musuh dari dua sisi. Formasi penyerangan dibentuk dengan barisan melee troop di depan diikuti dengan pasukan range troop. Formasi yang digunakan terlihat pada gambar 2.22.



Gambar 3.22 Skenario Serangan 2 Sisi

- c. Skenario penyerangan terakhir yang dilakukan adalah dengan mengelilingi base dengan kata lain penyerangan dilakukan melalui 4 sisi. Formasi yang digunakan terlihat pada gambar 3.23.



Gambar 3.23 Skenario Serangan 4 Sisi

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan mengenai hasil percobaan terhadap sistem perhitungan perhitungan damage yang telah dibuat. Percobaan dilakukan untuk menganalisa hasil variasi berbagai kemungkinan nilai parameter yang mungkin terjadi dalam permainan khususnya pada saat skenario penyerangan terjadi.

4.1 Pengujian Variasi Kondisi Troop

Pengujian ini terdiri dari pengujian terhadap kondisi *health* troop yang berbeda-beda. Perbedaan kondisi tersebut digunakan untuk membandingkan nilai damage yang dihasilkan oleh troop serta lamanya waktu yang digunakan untuk menghancurkan sebuah bangunan pada troop yang menggunakan sistem perhitungan logika tegas, persamaan linear dan *Fuzzy Inference System* (FIS).

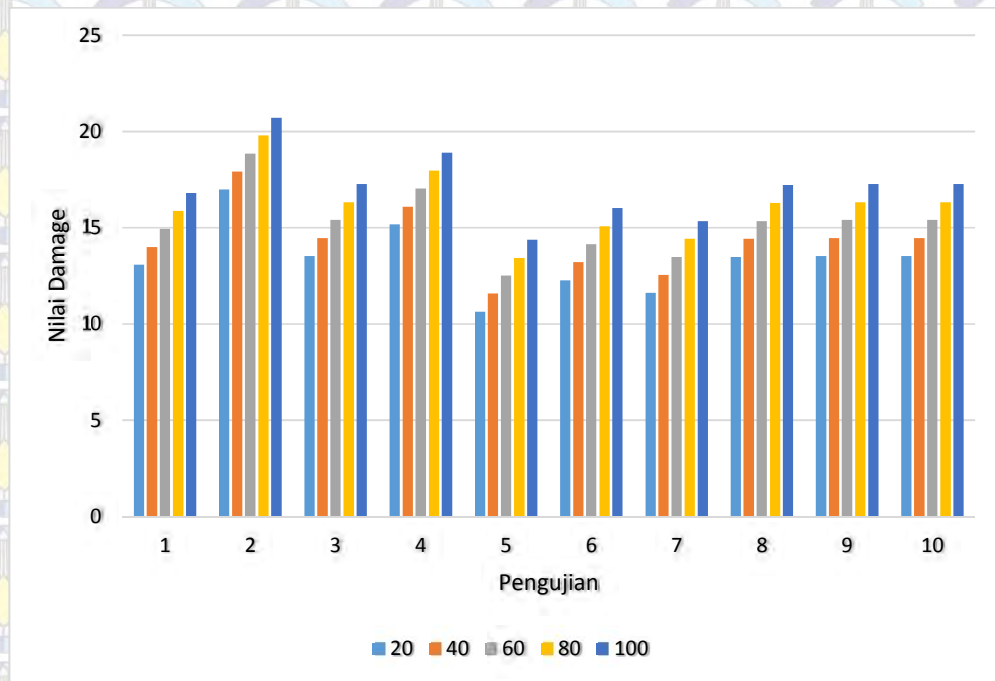
Pengujian dilakukan dengan mengambil 10 data random untuk parameter selisih level dan parameter skor penyerangan sebelumnya. Kesepuluh data random ini digabungkan dengan perubahan beberapa nilai parameter *health* yang digunakan sebagai status troop dalam menghancurkan sebuah bangunan dengan *health* 250. Nilai parameter *health* pada pengujian adalah 20, 40, 60, 80 dan 100. Secara lengkap data hasil pengujian dapat dilihat pada halaman lampiran.

Pada perhitungan *damage* menggunakan logika tegas, hasil damage yang didapat adalah sesuai dengan base damage troop sebesar 14 dan waktu yang diperlukan untuk menghancurkan bangunan sebesar 17.34 detik. Hasil ini didapatkan pada setiap pengujian karena logika tegas menghitung nilai *damage* tanpa memperdulikan kondisi troop dan kondisi pemain.

Hasil pengujian dengan menggunakan persamaan linear dan FIS memberikan hasil yang berbeda-beda tergantung pada kondisi parameter troop dan pemain. Perbandingan besar *damage* yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan linear dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.1 sedangkan perbandingan besar damage yang dihasilkan menggunakan FIS terdapat pada tabel 4.2 dan gambar 4.2.

Tabel 4.1 Perbandingan Nilai *Damage* Persamaan Linear

Health	Pengujian									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	13.07	16.99	13.53	15.17	10.64	12.27	11.62	13.49	12.74	13.53
40	14.00	17.92	14.47	16.10	11.57	13.21	12.55	14.42	13.67	14.47
60	14.93	18.85	15.40	17.03	12.51	14.14	13.49	15.35	14.61	15.40
80	15.87	19.79	16.33	17.97	13.44	15.07	14.42	16.29	15.54	16.33
100	16.80	20.72	17.27	18.90	14.37	16.01	15.35	17.22	16.47	17.27

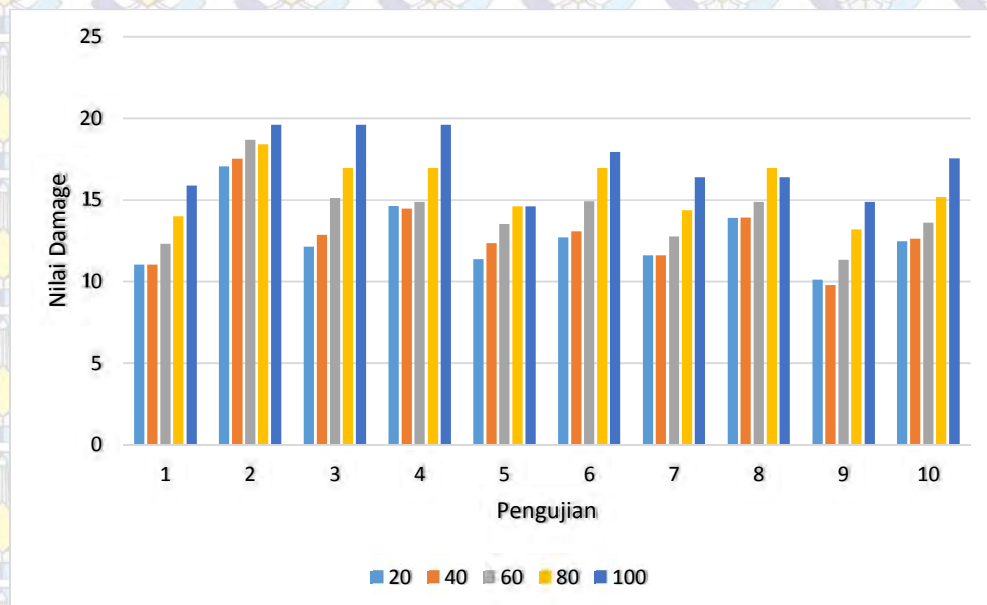


Gambar 4.1 Perbandingan Nilai *Damage* Persamaan Linear

Dari tabel 4.6 dapat diketahui nilai *damage* terkecil pada pada pengujian ke-5 dengan nilai *health* 20. Selain itu jika melihat perbandingan baris tabel secara menurun atau grafik nilai *health* dari masing-masing pengujian, dapat dikatakan semakin besar *health* maka akan semakin besar nilai *damage* yang dihasilkan. Hal ini berbeda dengan pengujian menggunakan sistem perhitungan FIS.

Tabel 4.2 Perbandingan Nilai *Damage* FIS

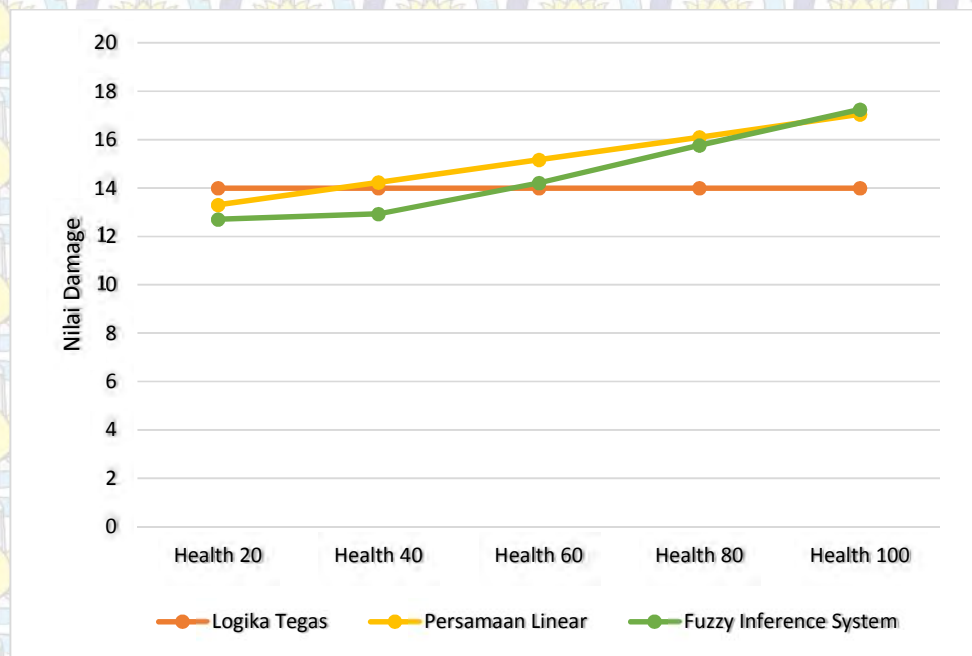
Health	Pengujian									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	11.04	17.05	12.13	14.62	11.38	12.71	11.60	13.91	10.12	12.47
40	11.04	17.53	12.88	14.48	12.35	13.08	11.60	13.92	9.80	12.64
60	12.32	18.67	15.12	14.88	13.54	14.92	12.77	14.88	11.35	13.61
80	14.00	18.42	16.96	16.96	14.61	16.96	14.36	16.96	13.20	15.17
100	15.87	19.60	19.60	19.60	14.61	17.94	16.40	16.40	14.88	17.56



Gambar 4.2 Perbandingan Nilai *Damage* FIS

Pada perhitungan menggunakan FIS, nilai *damage* terkecil terdapat pada pengujian ke 9 dengan nilai health 40 dimana bukan merupakan nilai health terkecil pada pengujian. Selain itu jika membandingkan nilai *damage* yang didapat berdasarkan baris pada tabel khususnya pada kolom pengujian ke-9 baris pertama dan kedua serta kolom ke-4 baris pertama dan kedua, kita dapat melihat bahwa semakin kecil nilai *health* bukan berarti semakin kecil nilai *damage* yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena pengaruh dari *rule* atau *knowledge base* sistem FIS yang digunakan. Sehingga ada nilai *damage* yang sama atau nilai *damage* yang mengecil meskipun nilai *health* semakin besar.

Selanjutnya untuk membandingkan nilai *damage* yang dihitung dengan menggunakan logika tegas, persamaan linear dan FIS dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata pengujian yang dilakukan dan hasilnya dapat dilihat pada grafik pada gambar 4.3 di bawah ini:



Gambar 4.3 Perbandingan Skor Damage Fuzzy dan Non Fuzzy

Damage yang dihasilkan dengan logika tegas bernilai tetap sesuai dengan *base damage* yang dimilikinya tidak peduli berapa pun nilai *health* troop tersebut. Sedangkan dengan perhitungan persamaan linear dan FIS *damage* yang dihasilkan berubah sesuai dengan *health* yang dimiliki troop. Ketika troop memiliki *health* rendah maka *damage* yang dihasilkannya lebih rendah dibanding *base damage* yang dimilikinya, sedangkan jika troop tersebut memiliki *health* yang tinggi maka *damage* yang dihasilkan lebih dari *base damage*-nya. Sehingga baik persamaan linear maupun FIS mampu menghasilkan perhitungan *damage* yang dinamis agar game tampak lebih realistis. Hal ini dikarenakan perhitungan *damage* keduanya berbasis aturan yang sudah ditentukan.

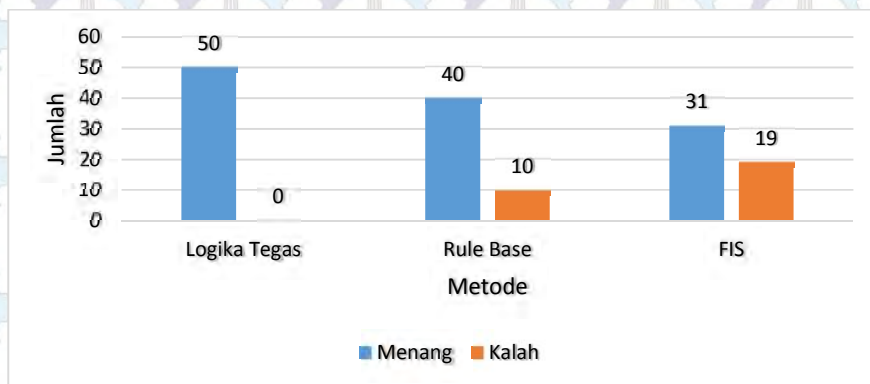
4.2 Pengujian Variasi Kondisi Pemain Penyerang

Pengujian ini terdiri dari pengujian terhadap perbedaan kondisi antara pemain penyerang dan pertahanan. Perbedaan itu digunakan sebagai perbandingan sistem perhitungan *damage* dan *experience* menggunakan logika tegas, persamaan linear dan FIS. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 30 unit troop yang terdiri dari tiga kombinasi yaitu 30 *melee troop*, 30 *range troop*, dan 15 *melee troop* ditambah 15 *range troop*. Semua troop memiliki *health* maksimal. Besarnya nilai parameter selisih level, skor penyerangan sebelumnya, dan skor pertahanan sebelumnya di-random. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 strategi yang berbeda, yaitu strategi menyerang dari 1 sisi, dari 2 sisi dan dari 4 sisi.

4.2.1 Pengujian Strategi Serangan Satu Sisi

Pengujian strategi menyerang satu sisi dilakukan dengan menfokuskan area serangan pada salah satu sisi base musuh. Kombinasi troop yang digunakan dalam pengujian adalah 30 *melee troop*, 30 *range troop*, dan 15 *melee troop* ditambah dengan 15 *range troop*. Nilai parameter menggunakan 50 data random selisih level, skor penyerangan sebelumnya dan skor pertahanan sebelumnya. Troop yang digunakan memiliki nilai *health* maksimal.

Perbandingan hasil penyerangan *melee troop* menggunakan perhitungan logika tegas, persamaan linear dan FIS dapat dilihat secara lebih jelas pada halaman lampiran. Secara grafik perbandingan hasil pengujian ketiga sistem perhitungan dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Penyerangan 30 *Melee Troop*

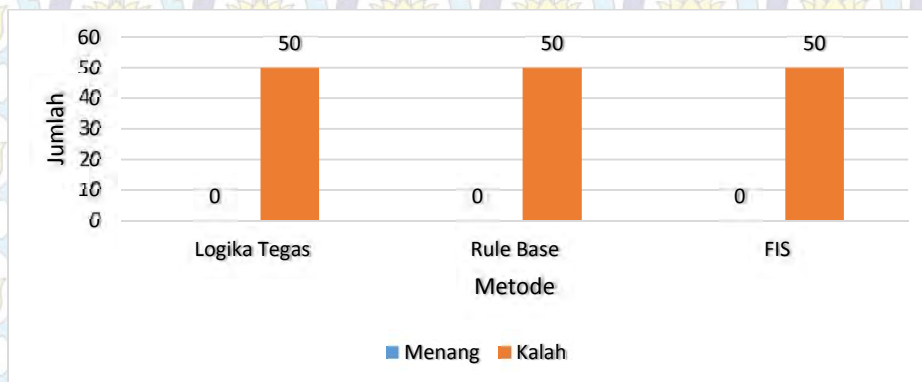
Pada pengujian serangan satu sisi dengan 30 *melee troop* menggunakan logika tegas didapat hasil penyerangan dengan waktu yang digunakan sebesar 56.12 detik, persentase bangunan yang berhasil dihancurkan adalah 100% sehingga *experience* yang didapat juga 100. Troop yang tersisa pada akhir penyerangan sebanyak 10 unit, dari hasil tersebut penyerang dikategorikan menang atau penyerangan yang dilakukannya sukses. Data selanjutnya adalah data pengujian dengan menggunakan persamaan linear dan *fuzzy inference system*.

Pengujian dengan menggunakan persamaan linear memberikan hasil 40 kali kemenangan dari 50 kali pengujian. Sedangkan pada pengujian menggunakan *fuzzy inference system* terdapat 19 kali kegagalan. Dengan membandingkan kedua data pengujian diatas ditemukan bahwa setiap hasil penyerangan gagal pada perhitungan persamaan linear selalu ada dalam daftar penyerangan gagal pada perhitungan FIS juga. Dimana pada kesepuluh hasil yang sama tersebut dapat dilihat bahwa penyerangan gagal terjadi ketika level pemain lebih tinggi dari pertahanan dan skor pertahanan sebelumnya selalu lebih rendah dari skor penyerangan sebelumnya.

Perbedaan antara perhitungan persamaan linear dan FIS adalah pengujian ketika nilai pertahanan sebelumnya lebih besar dari skor penyerangan sebelumnya. Pada perhitungan persamaan linear hasilnya selalu kegagalan penyerangan, sedangkan pada fuzzy ada penyerangan yang berhasil dan penyerangan yang gagal. Penyerangan berhasil jika level penyerang lebih rendah dari pertahanan sedangkan penyerangan berhasil ketika level penyerang lebih rendah. Hal ini menunjukkan hasil keluaran FIS lebih bervariasi dari hasil keluaran persamaan linear. Variasi ini dikarenakan perhitungan persamaan linear hanya berbasis pada satu persamaan yang dibuat sedangkan perhitungan FIS merupakan kombinasi atau perpaduan dari banyaknya rule (*knowledge base*) yang digunakan.

Pada perhitungan nilai *experience* menggunakan persamaan linear nilai *experience* terbesar terdapat pada data ke-18 dan nilai terkecil terdapat pada data ke-13. Sedangkan pada perhitungan *experience* menggunakan fuzzy data terbesar terdapat pada pengujian ke-22 dan nilai terkecil pada data ke 28 dan 31. Perbedaan ini terjadi karena perbedaan status hasil penyerangan keduanya.

Penguujian serangan satu sisi kedua adalah serangan dengan menggunakan *range troop* yang berjumlah 30. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada halaman lampiran namun secara garis besar hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini :



Gambar 4.5 Hasil Penyerangan 30 Range Troop

Penguujian serangan satu sisi dengan menggunakan 30 *range troop* memberikan hasil yang sama terhadap perhitungan logika tegas, persamaan linear maupun FIS, dimana hasil yang didapat adalah 50 kali penyerangan gagal dari 50 pengujian. Artinya tidak ada satupun penyerangan yang berhasil pada pengujian ini baik ketika perhitungan dilakukan menggunakan logika tegas, persamaan linear maupun FIS. Hal ini disebabkan karena *range troop* memiliki health point yang rendah sehingga mudah dibunuh oleh *defensive building*.

Perbedaan yang sangat mencolok di antara perhitungan menggunakan persamaan linear dan FIS yaitu data hasil pengujian berupa waktu penyerangan dan bangunan yang berhasil dihancurkan. Perhitungan damage menggunakan persamaan linear memiliki nilai waktu penyerangan dan persentase bangunan hancur yang jauh lebih besar (rata-rata waktu penyerangan 19.18 detik dan rata-rata bangunan hancur 24.48%) daripada perhitungan fuzzy (rata-rata waktu penyerangan 13.40 detik dan rata-rata bangunan hancur 18.08%). Besarnya waktu penyerangan dan bangunan hancur pada perhitungan persamaan linear pun lebih bervariasi dibanding dengan perhitungan fuzzy yang didominasi oleh waktu sebesar 12 detik dan bangunan hancur 16%.

Hal ini disebabkan karakteristik proses perhitungan yang berbeda antara logika persamaan linear dan fuzzy. Pada persamaan linear perhitungan dilakukan oleh persamaan yang dibentuk oleh nilai rata-rata banyaknya input sehingga semakin banyaknya input yang digunakan semakin kecil pengaruh input tersebut terhadap hasil keluaran sistem. Berbeda halnya dengan fuzzy dimana *base knowledge*-nya berupa kesatuan utuh yang dibandingkan satu per satu antar anggotanya sehingga satu nilai input sangat mempengaruhi hasil keluaran sistem. Sebagai contoh, pada *melee troop* variable input yang digunakan berjumlah tiga sehingga pengaruh nilai input terhadap keluaran sistem adalah 1/3 atau 33.33%. Sedangkan pada pengujian menggunakan range troop input yang dipakai berjumlah 4, sehingga pengaruh nilai input terhadap keluaran sistem adalah 1/4 atau 25%. Secara perhitungan perbandingan antara persamaan linear yang memiliki 3 dan 4 input dapat diilustrasikan sebagai berikut. Misalkan 1 troop melee (3 input) dan 1 troop range (4 input). Parameter input lainnya tidak mengalami perubahan atau dianggap bernilai 100. Sedangkan parameter yang berubah adalah *health*. Ketika Keduanya memiliki darah penuh atau maksimal (100) maka *damage* yang dihasilkan :

Melee Troop
 $\text{Damage} = (100+100+100)/3$
 $\text{Damage} = 100$

Range Troop
 $\text{Damage} = (100+100+100+100)/4$
 $\text{Damage} = 100$

Namun ketika keduanya mengalami pengurangan health sebesar 50% maka hasil perhitungannya

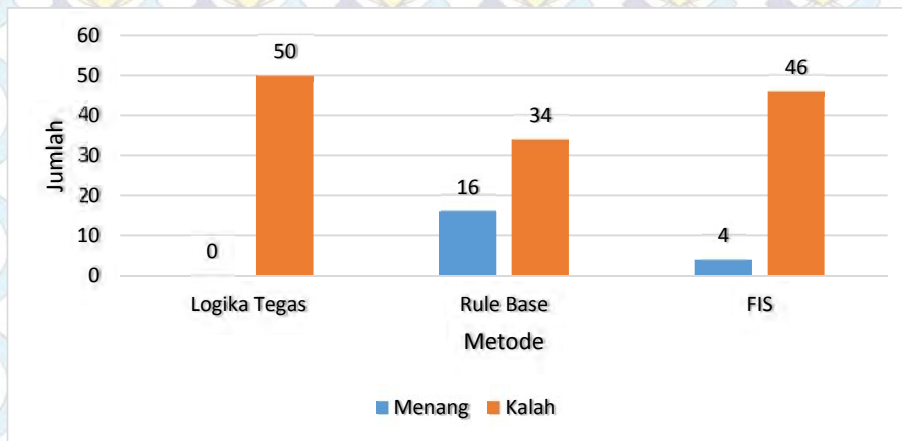
Melee Troop
 $\text{Damage} = (50+100+100)/3$
 $\text{Damage} = 83.33$

Range Troop
 $\text{Damage} = (50+100+100+100)/4$
 $\text{Damage} = 87.5$

Akibat pengurangan pengaruh nilai input terhadap keluaran sistem maka dalam pengujian yang dilakukan menggunakan persamaan linear pada saat troop mengalami pengurangan nilai health point, pengurangan damage yang dihasilkan lebih sedikit jika dibandingkan dengan perhitungan menggunakan fuzzy. Pada perhitungan menggunakan fuzzy, rule-rule yang dibangun berupa satu kesatuan sehingga perubahan nilai pada satu input mempengaruhi pertimbangan nilai-nilai derajat keanggotaan yang nantinya berpengaruh terhadap implikasi menggunakan knowledge base yang ada dan akhirnya mempengaruhi nilai keluaran sistem.

Hasil pengurangan *experience* terbesar pada perhitungan persamaan linear adalah sebesar -51 dan yang terkecil bernilai -25. Sedangkan pada perhitungan fuzzy nilai pengurangan *experience* terbesar adalah -59 dan terkecil bernilai -37. Hasil perhitungan keduanya sangat berbeda karena perbandingan waktu penyerangan dan bangunan yang berhasil dihancurkan sangat berbeda.

Pengujian serangan satu sisi selanjutnya adalah serangan dengan menggunakan kombinasi antara 15 *melee troop* dan 15 *range troop*. *Melee troop* berada pada posisi di depan karena *melee troop* memiliki *health point* yang lebih besar dari *range troop*. Hasil yang didapat dari pengujian dapat dilihat pada gambar 4.6. secara lebih detail hasil penyerangan dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.6 Hasil Penyerangan Kombinasi Troop

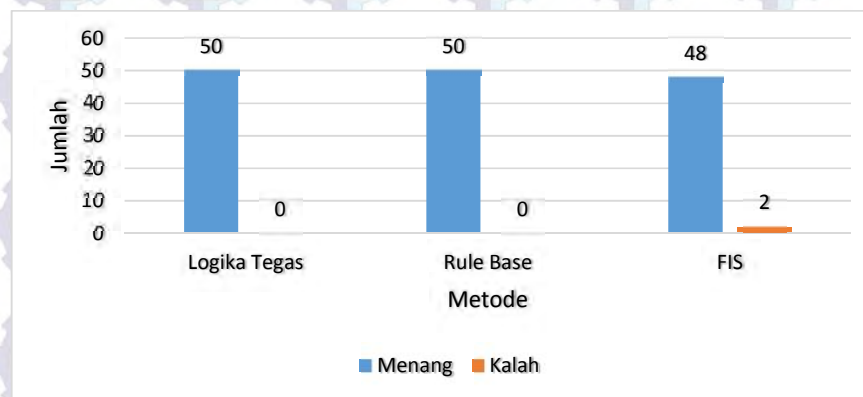
Pada pengujian serangan menggunakan 15 *melee troop* dan 15 *range troop* perhitungan menggunakan logika tegas hasil yang didapat merupakan penyerangan gagal sebanyak 50 kali dengan waktu penyerangan 29.19 detik, bangunan yang berhasil dihancurkan sebesar 48% sehingga nilai *experience* yang didapat -48. Pada perhitungan persamaan linear memperoleh jumlah penyerangan berhasil sebanyak 16 kali dan gagal sebanyak 34 kali, selain itu hasil menunjukkan rata-rata waktu penyerangan sebesar 31.97 detik dan persentase kehancuran bangunan sebesar 46%. Perhitungan menggunakan FIS mendapatkan penyerangan berhasil sebanyak 4 kali, gagal sebanyak 46 kali, rata-rata waktu penyerangan selama 25.33 detik dan rata-rata persentase kehancuran bangunan sebesar 39.76%.

Dari semua data penyerangan yang berhasil memiliki kesamaan yaitu level penyerang lebih rendah dari pertahanan. yang membedakan persamaan linear dan fuzzy adalah pada perhitungan fuzzy penyerangan hanya bisa berhasil jika level yang rendah didukung oleh skor penyerangan yang lebih rendah dari skor pertahanan sebelumnya. sedangkan pada perhitungan persamaan linear walaupun skor penyerangan lebih tinggi dari skor pertahanan sebelumnya penyerangan tetap dinyatakan sebagai penyerangan berhasil.

4.2.2 Pengujian Strategi Penyerangan Dua Sisi

Penyerangan dengan menggunakan strategi menyerang dua sisi dilakukan dengan menyerang dua sisi base musuh yang saling terhubung. Pada penelitian ini sisi yang dipilih adalah sisi kanan dan atas. Data penyerangan yang digunakan sama seperti data penyerangan serangan satu sisi. Serangan juga dilakukan dengan menggunakan 30 *melee troop*, 30 *range troop* dan kombinasi 15 *melee troop* digabungkan dengan 15 *range troop*. *Health troop* pada saat penyerangan bernilai maksimal.

Data hasil pengujian system perhitungan menggunakan logika tegas serangan dua sisi menggunakan 30 *melee troop* memberikan hasil 50 kali penyerangan berhasil dengan waktu penyerangan sebesar 56.12 detik dan persentase kehancuran bangunan 100%. Perbandingan hasil ini dengan perhitungan persamaan linear, dan *fuzzy inference system* dapat dilihat pada gambar 4.7.



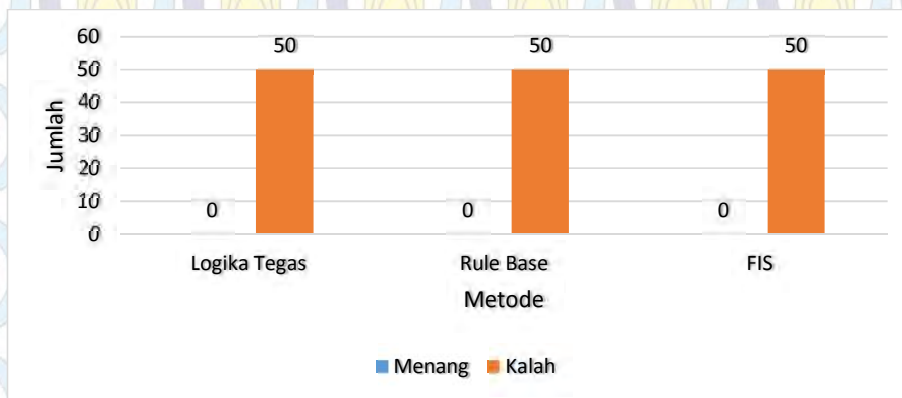
Gambar 4.7 Hasil Penyerangan 30 *Melee Troop*

Hasil pengujian serangan dua sisi yang dilakukan menggunakan 30 *melee troop* mendapatkan hasil 50 kali kemenangan dengan rata-rata waktu penyerangan 43.36 detik, dan rata-rata persentase kehancuran bangunan sebesar 92% ketika perhitungan damage dilakukan menggunakan persamaan linear. Pada saat perhitungan dilakukan menggunakan *fuzzy inference system* hasil yang didapat adalah 48 kali penyerangan berhasil, 2 kali gagal, lamanya waktu rata-rata penyerangan 43.21 detik dan rata-rata persentase bangunan yang berhasil dihancurkan sebesar 88.48%.

Gagalnya 2 kali penyerangan pada perhitungan fuzzy terjadi pada data ke-28 dan ke-31 dimana pada kedua data ini level penyerang jauh lebih tinggi dari pertahanan dan skor penyerangan sebelumnya sangat besar, sedangkan skor pertahanan sebelumnya kecil. Pada perhitungan menggunakan persamaan linear kedua data ini dinyatakan berhasil melakukan penyerangan. Berdasarkan kasus ini didapat bahwa ternyata *fuzzy inference system* lebih baik dalam mencegah terjadinya kemenangan berturut-turut. Karena pada kasus ini penyerang memiliki level dan skor yang tinggi sehingga bisa dikategorikan bahwa penyerang merupakan tipe pemain yang mahir dalam bermain game.

Pada perhitungan nilai *experience* menggunakan persamaan linear nilai *experience* terbesar terdapat pada data pengujian pertama dengan nilai 83 dan nilai terkecil terdapat pada data ke-28 dan 31 dengan nilai 27. Sedangkan pada perhitungan *experience* menggunakan fuzzy data terbesar terdapat pada pengujian ke-8 dan nilai terkecil tentunya berada pada data dimana penyerangan gagal yaitu pada data ke 28 dan 31.

Pengujian serangan dua sisi selanjutnya adalah pengujian dengan menggunakan 30 unit range troop atau troop yang menyerang jarak jauh, lokasi pasukan disebar pada posisi kanan dan atas base musuh. Data hasil pengujian dengan perhitungan menggunakan logika tegas memberikan hasil kekalahan sebanyak 50 kali dengan status penyerangan berhasil menghancurkan bangunan sebesar 32% menggunakan waktu 32.03 detik. Perbandingan hasil perhitungan logika tegas dengan persamaan linear dan fuzzy inference system dapat dilihat pada diagram batang pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil Penyerangan 30 Range Troop

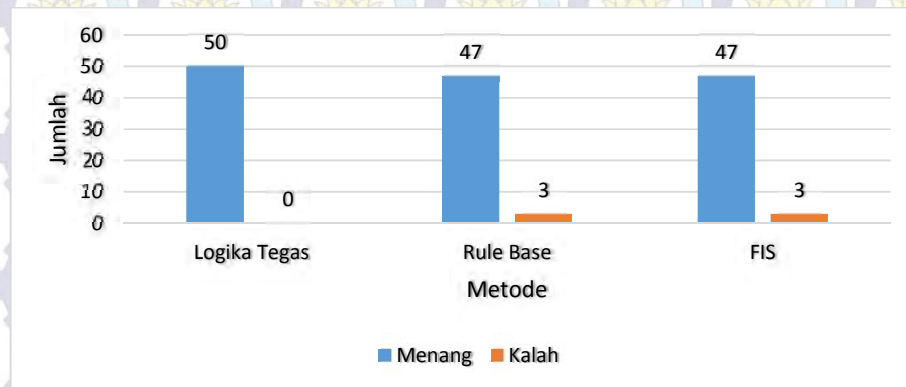
Baik perhitungan menggunakan persamaan linear maupun *fuzzy inference system* ternyata juga mendapatkan hasil yang sama yaitu 50 kali penyerangan gagal dari 50 kali pengujian dengan kata lain tidak ada satu pun serangan yang dilakukan berhasil menang.

Meskipun seluruh pengujian gagal, namun data hasil penelitian yang didapat tidak sama persis tentunya hal ini terjadi karena perhitungan persamaan linear dan *fuzzy inference system* memiliki karakteristik masing-masing karena proses-proses perhitungan yang dilakukan pun berbeda.

Pada perhitungan persamaan linear data pengujian dengan hasil terbaik didapat pada data ke-17 (persentase kehancuran bangunan 44% dan waktu penyerangan 32.02 detik) dan data pengujian dengan hasil terendah terdapat pada data ke-28 (persentase kehancuran bangunan 16% dan waktu penyerangan 21.32 detik). Pada perhitungan menggunakan *fuzzy inference system* data pengujian terbaik berada pada data ke-18 (persentase kehancuran bangunan 44% dan waktu penyerangan 32.03 detik) sedangkan data dengan hasil terendah berada pada data ke-13 (persentase kehancuran bangunan 16% dan waktu penyerangan 19.14 detik).

Jika kita melihat ulang pengujian yang dilakukan sebelumnya ada data pengujian dengan hasil penyerangan seluruhnya sukses, ada data dengan hasil penyerangan bercampur antara sukses dan gagal. Sekarang kita dihadapkan pada data dimana seluruh penyerangan yang dilakukan memperoleh hasil gagal. Hal ini membuktikan bahwa dengan adanya perhitungan *damage* dan *experience* dinamis tidak menggeser pentingnya peran strategi bermain dalam memainkan game RTS.

Pengujian berikutnya adalah pengujian serangan dua sisi menggunakan kombinasi antara 15 *melee troop* dan 15 *range troop*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data yang sama pada pengujian sebelumnya. berikut ini merupakan hasil pengujian yang dilakukan.



Gambar 4.9 Hasil Penyerangan Kombinasi Troop

Pada pengujian serangan dua sisi menggunakan kombinasi antara 15 *melee troop* dan 15 *range troop* hasil pengujian dengan menggunakan logika tegas mendapatkan hasil penyerangan sukses sebanyak 50 kali dengan hasil persentase bangunan yang berhasil dihancurkan 64% dan lamanya waktu penyerangan 49.98 detik. Perhitungan persamaan linear maupun FIS mendapatkan hasil yang sama yaitu 47 kali penyerangan berhasil dan 3 kali penyerangan gagal. Data hasil penyerangan berhasil maupun gagal pun terletak pada posisi yang sama (penyerangan gagal pada data ke-28, 31 dan 42 sedangkan data lainnya menunjukkan penyerangan berhasil). Hal ini mengindikasikan bahwa kedua sistem perhitungan *damage* ini merupakan sistem perhitungan tidak jauh berbeda antara satu dan lainnya karena kedua sistem ini didasari oleh sistem yang berbasis aturan.

Perbedaan hasil pengujian antara persamaan linear dan *fuzzy inference system* terletak pada besarnya pengurangan nilai *experience* yang diberikan. Pengurangan yang diberikan hasil perhitungan fuzzy memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding hasil perhitungan *experience* persamaan linear. Hal ini terjadi karena lamanya waktu penyerangan pada perhitungan fuzzy lebih rendah dibanding lamanya waktu penyerangan perhitungan persamaan linear.

4.2.3 Pengujian Strategi Penyerangan Empat Sisi

Pengujian strategi penyerangan empat sisi dilakukan dengan mengepung markas musuh dari empat arah sehingga troop tersebar disekitar base musuh. Hal ini dilakukan untuk menyiasati *defensive building* yang memiliki *damage area* sehingga ketika *defensive building* yang memiliki *damage area* menyerang hanya sebagian troop saja yang terkena *damage*-nya. Data parameter yang digunakan adalah data parameter yang sama seperti pada pengujian-pengujian sebelumnya. Hasil pengujian terlihat pada gambar 4.10.



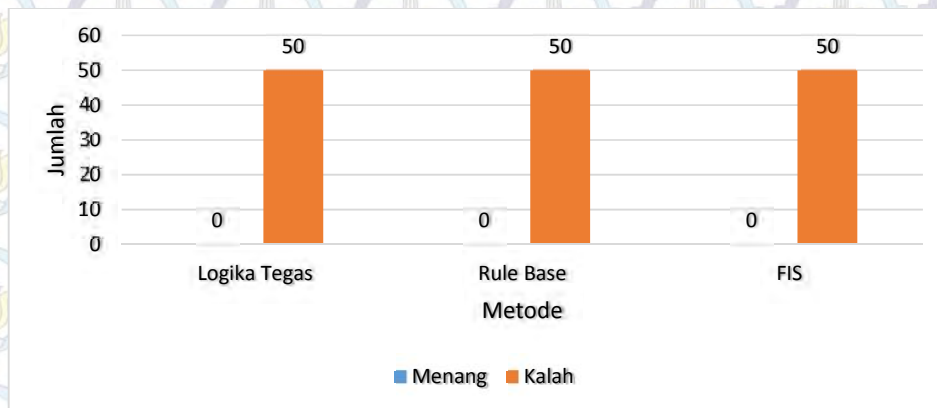
Gambar 4.10 Hasil Penyerangan 30 Melee Troop

Pengujian penyerangan yang dilakukan dengan strategi menyerang empat sisi memberikan hasil 50 kali penyerangan berhasil ketika menggunakan perhitungan logika tegas. 48 kali penyerangan berhasil dan 2 kali penyerangan gagal bagi sistem perhitungan persamaan linear. Pada perhitungan *fuzzy inference system*, pengujian memberikan hasil 47 kali kemenangan dan 3 kali penyerangan gagal.

Perbedaan antara kedua sistem perhitungan ini terletak pada data ke-42 dimana pada perhitungan persamaan linear penyerangan memberikan hasil sukses sedangkan sistem perhitungan fuzzy memberikan hasil gagal. Pada data ke-42 pihak penyerang memiliki level yang lebih tinggi (7) dibanding pihak bertahan dan skor penyerangan sebelumnya bernilai tinggi (91) sedangkan skor pertahanan sebelumnya rendah (14). Data ini membuktikan bahwa sistem perhitungan fuzzy lebih mampu mencegah terjadinya kemenangan berturut-turut pihak penyerang.

Berdasarkan hasil pengujian yang didapat nilai *experience* tertinggi pada sistem perhitungan persamaan linear terletak pada data ke-22 dengan nilai *experience* 82 dan nilai terendah pada data ke 28 dan 31. Sedangkan pada sistem perhitungan fuzzy nilai *experience* tertinggi didapat pada data ke-1 dan 22 dengan nilai 80. Nilai *experience* terendah terdapat pada data ke-28 dan 31 dengan nilai 54.

Pengujian serangan empat sisi selanjutnya dilakukan dengan menggunakan 30 range troop. Data yang digunakan sama seperti pengujian-pengujian sebelumnya. Hasil pengujian yang dilakukan dengan sistem perhitungan logika tegas, persamaan linear dan FIS dapat dilihat gambar 4.11.



Gambar 4.11 Hasil Penyerangan 30 Range Troop

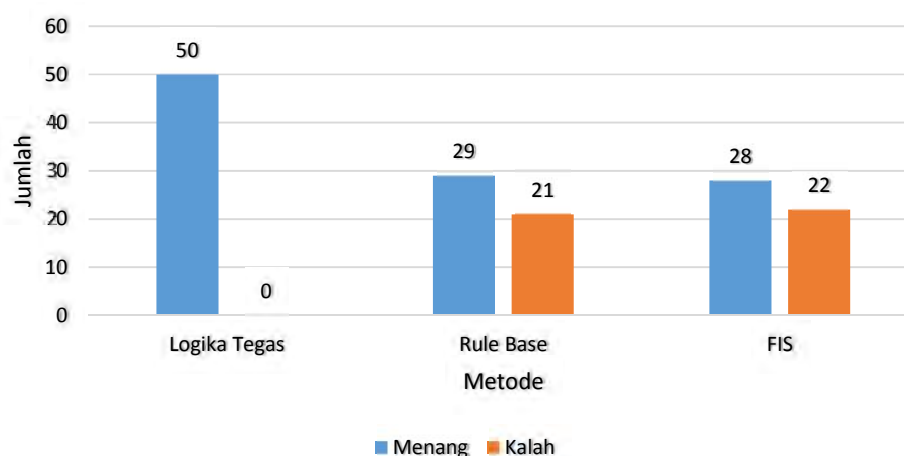
Hasil pengujian serangan empat sisi menggunakan 30 range troop memberikan hasil penyerangan gagal sebanyak 50 kali bagi sistem perhitungan persamaan linear maupun sistem perhitungan FIS.

Perbedaan kedua sistem perhitungan ini terletak pada hasil yang dicapai tiap-tiap pengujian. Pada hasil perhitungan logika tegas hasil yang didapat adalah persentase kehancuran bangunan sebesar 20% dan lamanya waktu penyerangan 24.95 detik. Penyerangan yang paling sukses dari sistem perhitungan persamaan linear terletak pada data pertama dengan persentase kehancuran bangunan sebesar 28% dan waktu penyerangan selama 26.37 detik. Sedangkan pada sistem perhitungan FIS data pengujian paling sukses terletak pada data ke-18 dengan persentase kehancuran bangunan yang sama yaitu 28% dan lamanya waktu penyerangan adalah 25.86 detik.

Secara keseluruhan pengujian kedua sistem ini juga memberikan hasil yang berbeda yaitu rata-rata waktu penyerangan sistem perhitungan persamaan linear adalah 22.83 detik dan rata-rata persentase kehancuran bangunan sebesar 17.12%. Pada sistem perhitungan FIS rata-rata lamanya waktu penyerangan sebesar 18.18 detik, sedikit lebih lama dibanding sistem perhitungan persamaan linear dan rata-rata persentase kehancuran bangunan yang didapat adalah 14.80%, nilai ini lebih rendah dibanding sistem perhitungan persamaan linear.

Pengurangan nilai experience terbesar dari sistem perhitungan persamaan linear terletak pada data pengujian pertama dengan nilai -51 sedangkan pada sistem perhitungan fuzzy inference system nilai pengurangan experience-nya jauh lebih besar yaitu -66 yang terletak pada data ke-5, 6, 12, 15, 25, 26, 34 dan 43. Pengurangan nilai yang besar ini terjadi ketika level penyerang lebih tinggi dari level pertahanan.

Pengujian terakhir yang dilakukan untuk membandingkan ketiga sistem perhitungan *damage* dan *experience* adalah pengujian serangan empat sisi menggunakan kombinasi 15 *melee troop* dan 15 *range troop* dengan formasi penyerangan *melee troop* dan *range troop* disebar mengelilingi base musuh. Hasil pengujian dari sistem perhitungan *damage* dan *experience* menggunakan logika tegas, persamaan linear dan *fuzzy inference system* terlihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Hasil Penyerangan Kombinasi Troop

Hasil pengujian yang dilakukan dengan sistem perhitungan persamaan linear memberikan hasil 29 kali penyerangan berhasil dan 21 kali penyerangan gagal. pada pengujian sistem perhitungan menggunakan FIS memberikan hasil yang berbeda tipis yaitu 28 kali penyerangan berhasil dan 22 kali penyerangan gagal. Meskipun hasil akhir yang didapat tidak berbeda jauh ternyata perpaduan data penyerangan berhasil dan gagal dari kedua sistem perhitungan memberikan hasil yang sangat bervariasi.

Data pengujian yang memberikan hasil penyerangan gagal lebih banyak terjadi ketika skor pertahanan sebelumnya lebih rendah dari skor penyerangan sebelumnya. Selain dari hal tersebut penyerangan gagal ketika level penyerang lebih tinggi dari pertahanan.

Dari keseluruhan data pengujian dapat kita ketahui bahwa sistem perhitungan logika tegas selalu memberikan hasil yang sama tanpa mempedulikan kondisi pemain dan troop sehingga bersifat statis sedangkan sistem perhitungan persamaan linear dan *fuzzy inference system* mampu memberikan hasil yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi troop dan pemain sehingga sistem perhitungan menjadi lebih dinamis terhadap kemampuan pemain. Hasil yang didapat kedua sistem tidak selalu sama karena masing-masing sistem memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan proses-proses yang ada di dalam sistem tersebut.

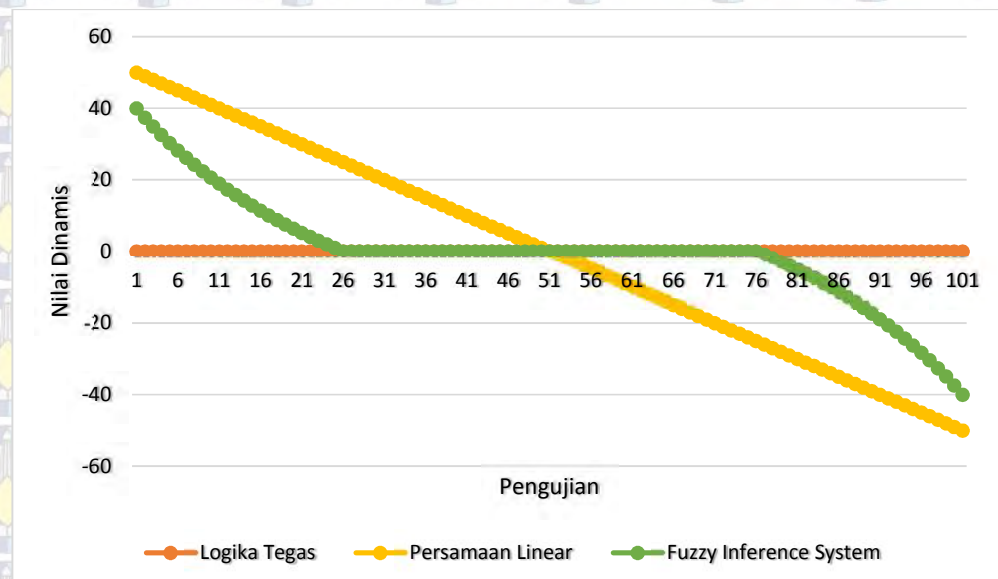
4.3 Pengujian Sistem

Pengujian system ini digunakan untuk menguji system logika tegas, persamaan linear dan fuzzy inference system yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan memberikan input health point dari nilai terbesar (100) sampai dengan nilai terkecil (0), nilai input jarak serangan diberikan dari nilai terkecil (0) sampai dengan nilai terbesar (100), nilai input selisih level dari nilai terkecil (-10) sampai dengan nilai terbesar (10), dan besar nilai input skor penyerangan sebelumnya dari nilai terkecil (0) sampai dengan nilai terbesar (100).

Pengujian yang dilakukan menggambarkan keadaan ketika pasukan nilai memiliki health point tinggi dan semakin mengecil. Nilai input range yang digunakan untuk menggambarkan jarak penyerangan dari jarak terdekat sampai dengan jarak terjauh. Pada parameter selisih level pengujian menggambarkan

keadaan ketika level penyerang lebih rendah dari pertahanan kemudian semakin tinggi sampai dengan lebih tinggi dari level pertahanan. Parameter input terakhir yang digunakan adalah parameter skor penyerangan sebelumnya dimana nilai skor penyerangan sebelumnya yang didapat mulai dari nilai rendah sampai dengan nilai tertinggi yang bisa didapat pemain.

Berdasarkan skenario pengujian yang dilakukan terhadap sistem perhitungan menggunakan logika tegas, persamaan linear dan fuzzy inference system didapat hasil keluaran yang terlihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Hasil Pengujian Sistem

Hasil keluaran ini merupakan hasil keluaran nilai dinamis yang digunakan untuk menambah atau mengurangi nilai base damage troop berdasarkan kondisi troop dan kondisi pemain. Pada gambar 4.13 terlihat bahwa pada perhitungan logika tegas tidak ada penambahan atau pengurangan damage yang diberikan. Pada perhitungan menggunakan persamaan linear grafik yang berbentuk garis lurus sesuai dengan nilai input yang digunakan. Sedangkan pada perhitungan menggunakan fuzzy inference system terlihat bahwa grafik terlihat agak melengkung dan pada beberapa bagian berbentuk garis lurus. Hal ini terjadi karena adanya perpaduan antara rule-rule yang digunakan.

Dari grafik yang terlihat pada sistem perhitungan menggunakan persamaan linear dapat disimpulkan bahwa setiap terjadi perubahan akan selalu mempengaruhi besar nilai input. Semakin tinggi perubahan nilai input maka akan semakin tinggi perubahan nilai output yang terjadi. Besarnya nilai perubahan output linear atau sesuai dengan besarnya perubahan nilai input. Hal ini membuat hasil perhitungan menggunakan persamaan linear menjadi dinamis.

Pada perhitungan menggunakan fuzzy inference system. Perubahan nilai input juga mempengaruhi nilai output. Namun pada beberapa kondisi perubahan nilai input pada range tertentu tidak mempengaruhi nilai output. Hal ini terlihat dengan adanya bagian yang memiliki garis lurus mendatar dari grafik. Pada penelitian ini perubahan nilai input yang tidak mempengaruhi nilai output umumnya terjadi ketika masing-masing parameter input kondisi troop dan pemain berada pada nilai tengah atau medium.

Pada saat nilai input berada pada daerah derajat keanggotaan nilai tinggi dan rendah setiap perubahan nilai input selalu mempengaruhi nilai output. Hal ini yang membuat hasil perhitungan dalam game menjadi dinamis.

Dari gambar 4.13 dapat pula disimpulkan bahwa sistem perhitungan persamaan linear dan fuzzy inference system mampu membuat sistem perhitungan damage menjadi dinamis namun keduanya memiliki karakteristik yang berbeda dimana pada perhitungan menggunakan persamaan linear setiap perubahan input selalu mempengaruhi nilai output sedangkan pada perhitungan menggunakan fuzzy inference system ketika terjadi perubahan nilai input belum tentu mempengaruhi perubahan nilai output hal ini terjadi karena proses yang dilakukan kedua sistem untuk mendapatkan hasil keluaran pun berbeda.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data yang diambil dari setiap pengujian terhadap variasi kondisi troop dan variasi kondisi pemain dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pada pengujian variasi kondisi troop, perhitungan damage menggunakan logika tegas selalu memberikan hasil yang sama sedangkan sistem perhitungan persamaan linear dan *fuzzy inference system* mampu memberikan hasil yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi troop. Semakin kecil health troop maka semakin kecil damage demikian pula sebaliknya, semakin besar health troop maka semakin besar damage yang dihasilkan. Berdasarkan hal ini sistem perhitungan damage persamaan linear dan fuzzy inference system memberikan hasil perhitungan yang lebih dinamis dan realistis dibanding sistem perhitungan logika tegas.
2. Sistem perhitungan damage dan experience menggunakan persamaan linear dan *fuzzy inference system* mampu membentuk sistem perhitungan dinamis namun memiliki karakteristik yang berbeda. Pada sistem perhitungan persamaan linear, semakin banyak input yang digunakan maka akan semakin kecil pengaruh nilai input tersebut terhadap keluaran sistem. Hal ini berbeda dengan fuzzy inference system dimana setiap input tetap memiliki pengaruh yang penting bagi keluaran sistem tanpa mempedulikan jumlah input yang digunakan. Karakteristik lain yang berbeda adalah pada sistem perhitungan persamaan linear semakin besar input maka akan semakin besar output damage yang dihasilkan karena proses perhitungan output hanya melewati sebuah persamaan yang dibentuk berdasarkan rule yang ada. Sedangkan pada sistem perhitungan menggunakan fuzzy inference system hal ini belum tentu terjadi karena proses perhitungan output melewati banyak rule yang ada pada knowledge base sehingga hasil keluaran sistem merupakan hasil perpaduan antara rule-rule tersebut.

3. Dengan adanya sistem perhitungan damage dinamis ini maka sistem permainan mampu meningkatkan atau menurunkan tingkat kesukaran permainan sehingga pemain tidak cepat merasa bosan karena selalu menang atau tidak cepat merasa frustrasi karena sering mengalami kekalahan. Pada beberapa kasus pengujian (pengujian serangan dua sisi dan empat sisi menggunakan 30 melee troop) sistem perhitungan damage dinamis fuzzy inference system lebih mampu mencegah terjadinya kemenangan berturut-turut dibanding sistem perhitungan damage dinamis menggunakan persamaan linear.
4. Keseluruhan pengujian yang dilakukan memberikan hasil yang beraneka ragam, dimana ada pengujian yang memberikan hasil penyerangan selalu berhasil, ada pengujian yang memberikan hasil penyerangan selalu gagal dan ada pula yang memberikan hasil perpaduan antara penyerangan berhasil dan penyerangan gagal. hal ini menunjukkan bahwa adanya sistem perhitungan dinamis tidak menggeser pentingnya peranan strategi dalam bermain game.

5.2 Saran

Pada penelitian ini metode perhitungan skor yang diusulkan masih memiliki peluang untuk dikembangkan lebih baik lagi. Sebagai contoh pada perhitungan skor ini damage dihitung tanpa melihat jenis NPC atau troop yang diserang. Padahal prajurit yang membawa pedang biasanya dilengkapi oleh pakaian perang besi untuk mengurangi efek serangan yang diterimanya, sedangkan prajurit yang menembak jarak jauh biasanya menggunakan baju lebih ringan agar mudah bergerak dan berpindah secara cepat. Sehingga agar lebih realistis diperlukan adanya sistem untuk mengenali jenis targetnya atau kemampuan target untuk menghindari serangan lawan.

Selain pengembangan agar lebih realistis, sistem perhitungan skor dinamis dapat dikembangkan pula untuk mengenali mood atau perasaan pemainnya, misalnya melalui sistem pengenalan ekspresi wajah sehingga game lebih gampang dimainkan ketika pemain sedang berekspresi muram atau permainan dibuat lebih sulit ketika pemain sedang bersemangat.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) M. J. Osborne. *An Introduction to Game Theory*, Canada: University of Toronto, 2004.
- 2) J. Jantzen. *Foundation of Fuzzy Control : A Practical Approach*, John Wiley and Sons, 2007.
- 3) A. Graf. *Fuzzy Logic Approach for Modelling Multiplayer game Scoring Sistem*, ConTEL 2005.
- 4) Cox, Earl. *The Fuzzy Sistem Handbook*, United Kingdom: Academic Press Limited, 1994.
- 5) Buckley, James J. and Jowers, Leonard J. *Simulating Continous Fuzzy Sistems*, Springer 2006.
- 6) Jager, Rene. *Fuzzy Logic In Control*, Technische Universiteit Delft, 1995.
- 7) M. Ibrahim, Ahmad. *Fuzzy Logic for Embedded Sistem Applications*, United State of America: Elsevier Science, 2003 .
- 8) U. Perez, Alberto. *Multi-Reactive Planning for Real-Time Strategy Games*, Universitat Autònoma de Barcelona, 2011.
- 9) Lobrano, Carlo. *A Score decidability index for dynamic score combination*, Italy: University of Cagliari, 2010.
- 10) Um, Sang-Won. *Dynamic Difficulty Controlling Game Sistem*, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 53, No. 2, May 2007.
- 11) Widiastuti, Ika. *Pemilihan Perilaku NPC Pada Game Pertarungan Jarak Dekat Menggunakan Fuzzy Coordinator*. 2012.
- 12) Rinanto, Noorman. *Optimasi Strategi Menyerang NPC Group Pada Game Pertarungan Jarak Dekat Menggunakan Simulated Annealing*, 2012.

- 
- 13) Prajitno, Mohamad Iman. *Simulasi Pengambilan Keputusan Pada Kasus Multiobjective Menggunakan Agen Cerdas Dan Hierarchical Finite State Machine*. 2009.
 - 14) Miles, Chris, and Sushil J. Louis. *Case-Injection Improves Response Time for a Real-Time Strategy Game*, CIG: 2005.
 - 15) Arif, Yunifa Miftachul. *Strategi Menyerang Pada Game FPS Menggunakan Hierarchy Finite State Machine Dan Logika Fuzzy*, 2010.
 - 16) Wahono, Romi Satria. *Multi Agent Systems: Issues, Approaches and Challenges*, IECI Japan Refreshing Seminar, 2001.
 - 17) A. Graf. *Fuzzy Logic Approach for Modelling Multiplayer game Scoring Sistem*, ConTEL 2005.
 - 18) Division on Engineering and Physical Science. *The Rise of Games and High-Performance Computing for Modeling and Simulation*, Washington: National Academy Press, 2010.

Lampiran 1 : Data Pengujian Variasi Kondisi Troop

Data Pengujian Nilai Health 20

Health	Beda Level	Skor Penyerangan	Logika Tegas		Persamaan Linear		FIS	
			Damage	Waktu	Damage	Waktu	Damage	Waktu
20	6	70	14	17.34	13.07	19.33	11.04	22.48
20	-10	6	14	17.34	16.99	14.29	17.05	14.31
20	-4	50	14	17.34	13.53	18.41	12.13	20.44
20	-1	0	14	17.34	15.17	16.33	14.62	17.36
20	3	77	14	17.34	10.64	23.42	11.38	21.39
20	-1	62	14	17.34	12.27	20.39	12.71	19.45
20	5	46	14	17.34	11.62	21.40	11.60	21.41
20	-2	41	14	17.34	13.49	18.34	13.91	17.36
20	8	7	14	17.34	12.74	19.30	10.12	24.52
20	3	15	14	17.34	13.53	18.44	12.47	20.34

Data Pengujian Nilai Health 40

Health	Beda Level	Skor Penyerangan	Logika Tegas		Persamaan Linear		FIS	
			Damage	Waktu	Damage	Waktu	Damage	Waktu
40	6	70	14	17.34	14.00	17.34	11.04	22.38
40	-10	6	14	17.34	17.92	13.35	17.53	14.28
40	-4	50	14	17.34	14.47	17.33	12.88	19.45
40	-1	0	14	17.34	16.10	15.34	14.48	17.39
40	3	77	14	17.34	11.57	21.37	12.35	20.36
40	-1	62	14	17.34	13.21	18.30	13.08	19.43
40	5	46	14	17.34	12.55	19.35	11.60	21.48
40	-2	41	14	17.34	14.42	17.29	13.92	17.41
40	8	7	14	17.34	13.67	18.36	9.80	25.53
40	3	15	14	17.34	14.47	17.36	12.64	19.25

Data Pengujian Nilai Health 60

Health	Beda Level	Skor Penyerangan	Logika Tegas		Persamaan Linear		FIS	
			Damage	Waktu	Damage	Waktu	Damage	Waktu
60	6	70	14	17.34	14.93	16.33	12.32	20.40
60	-10	6	14	17.34	18.85	13.30	18.67	13.26
60	-4	50	14	17.34	15.40	16.31	15.12	16.36
60	-1	0	14	17.34	17.03	14.37	14.88	16.38
60	3	77	14	17.34	12.51	19.45	13.54	18.34
60	-1	62	14	17.34	14.14	17.34	14.92	16.39
60	5	46	14	17.34	13.49	18.38	12.77	19.42
60	-2	41	14	17.34	15.35	16.34	14.88	16.32
60	8	7	14	17.34	14.61	17.37	11.35	22.37
60	3	15	14	17.34	15.40	16.36	13.61	18.34

Data Pengujian Nilai Health 80

Health	Beda Level	Skor Penyerangan	Logika Tegas		Persamaan Linear		FIS	
			Damage	Waktu	Damage	Waktu	Damage	Waktu
80	6	70	14	17.34	15.87	15.39	14.00	17.34
80	-10	6	14	17.34	19.79	12.26	18.42	13.30
80	-4	50	14	17.34	16.33	15.30	16.96	14.34
80	-1	0	14	17.34	17.97	13.31	16.96	14.34
80	3	77	14	17.34	13.44	18.36	14.61	17.34
80	-1	62	14	17.34	15.07	16.38	16.96	14.34
80	5	46	14	17.34	14.42	17.31	14.36	17.38
80	-2	41	14	17.34	16.29	15.28	16.96	14.34
80	8	7	14	17.34	15.54	16.34	13.20	18.42
80	3	15	14	17.34	16.33	15.41	15.17	16.39

Data Pengujian Nilai Health 100

Health	Beda Level	Skor Penyerangan	Logika Tegas		Persamaan Linear		FIS	
			Damage	Waktu	Damage	Waktu	Damage	Waktu
100	6	70	14	17.34	16.80	14.38	15.87	15.22
100	-10	6	14	17.34	20.72	12.30	19.60	12.21
100	-4	50	14	17.34	17.27	14.29	19.60	12.21
100	-1	0	14	17.34	18.90	13.34	19.60	12.21
100	3	77	14	17.34	14.37	17.36	14.61	17.38
100	-1	62	14	17.34	16.01	15.33	17.94	13.41
100	5	46	14	17.34	15.35	16.32	16.40	15.37
100	-2	41	14	17.34	17.22	14.31	16.40	15.37
100	8	7	14	17.34	16.47	15.30	14.88	16.36
100	3	15	14	17.34	17.27	14.28	17.56	14.31

Lampiran 2 : Data Pengujian Serangan Satu Sisi

Data Penyerangan 30 Melee Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	42.61	100	73	14	Win
2	2	37	20	48.58	60	38	0	Win
3	-5	88	67	43.2	60	45	0	Win
4	2	76	61	61.19	68	43	0	Win
5	9	8	58	41.07	56	26	0	Win
6	8	11	7	33.79	48	-23	0	Lose
7	4	60	25	33.44	52	29	0	Win
8	-9	77	84	41.4	100	77	21	Win
9	-6	39	94	36.4	100	73	22	Win
10	-4	2	18	36.63	100	69	20	Win
11	-7	56	27	53.2	64	52	0	Win
12	8	14	1	32.98	48	-23	0	Lose
13	2	98	2	34.33	48	-31	0	Lose
14	-2	84	69	43.19	60	41	0	Win
15	-6	40	97	39.86	100	73	21	Win
16	8	58	59	37.49	56	26	0	Win
17	-4	41	55	60.91	100	65	7	Win
18	-10	54	39	36.77	100	77	21	Win
19	1	6	55	40.36	100	63	19	Win
20	-1	44	62	48.2	64	43	0	Win
21	2	53	98	48.16	64	39	0	Win
22	-10	30	64	37.37	100	75	18	Win
23	0	62	52	68.77	68	48	0	Win
24	3	30	87	53.29	64	39	0	Win
25	9	54	20	29.44	44	-20	0	Lose
26	8	14	55	44.3	60	29	0	Win
27	7	45	67	42.08	56	29	0	Win
28	9	96	3	24.54	40	-18	0	Lose
29	-2	44	39	80.34	88	59	0	Win
30	7	5	0	32.97	48	-24	0	Lose
31	9	95	34	36.91	48	-23	0	Lose
32	1	25	68	43.17	64	39	0	Win
33	-6	22	56	35.51	100	73	22	Win
34	9	19	84	57.78	64	33	0	Win
35	6	44	17	26.02	44	-23	0	Lose
36	-4	55	67	49.35	68	48	0	Win
37	3	33	1	32.98	48	-29	0	Lose
38	-1	8	62	50.65	100	61	10	Win
39	-6	29	56	35.87	100	73	22	Win
40	-5	21	10	52.01	72	51	0	Win
41	-1	11	96	42.12	100	64	18	Win
42	7	91	14	30.56	40	-22	0	Lose
43	8	9	66	50.42	60	31	0	Win
44	3	64	78	43.26	60	35	0	Win
45	4	11	31	43.13	64	35	0	Win
46	-3	57	11	71.44	76	55	0	Win
47	-5	56	83	51.83	100	67	11	Win
48	-5	3	16	36.37	100	70	20	Win
49	4	19	28	46.4	60	35	0	Win
50	-4	3	68	37.57	100	68	19	Win

Data Penyerangan 30 Melee Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	49.01	68	76	0	Win
2	2	37	20	27.96	48	-44	0	Lose
3	-5	88	67	71.35	76	65	0	Win
4	2	76	61	35.28	52	57	0	Win
5	9	8	58	27.98	44	-46	0	Lose
6	8	11	7	28.01	44	-46	0	Lose
7	4	60	25	27.46	40	-47	0	Lose
8	-9	77	84	50.06	72	74	0	Win
9	-6	39	94	56.13	100	66	7	Win
10	-4	2	18	70.37	100	68	5	Win
11	-7	56	27	47.91	72	69	0	Win
12	8	14	1	28.11	40	-48	0	Lose
13	2	98	2	33.03	44	-49	0	Lose
14	-2	84	69	41.63	56	57	0	Win
15	-6	40	97	53.54	100	66	8	Win
16	8	58	59	27.89	40	-48	0	Lose
17	-4	41	55	65.42	100	66	6	Win
18	-10	54	39	51.14	100	80	10	Win
19	1	6	55	38.14	60	57	0	Win
20	-1	44	62	47.4	68	61	0	Win
21	2	53	98	77.4	84	69	0	Win
22	-10	30	64	44.12	100	80	15	Win
23	0	62	52	27.93	48	-42	0	Lose
24	3	30	87	61.87	68	61	0	Win
25	9	54	20	23.7	36	-47	0	Lose
26	8	14	55	33.66	44	-49	0	Lose
27	7	45	67	35.4	52	58	0	Win
28	9	96	3	28.15	32	-51	0	Lose
29	-2	44	39	43.19	64	59	0	Win
30	7	5	0	23.07	36	-47	0	Lose
31	9	95	34	22.79	24	-51	0	Lose
32	1	25	68	73.27	84	69	0	Win
33	-6	22	56	82.33	100	67	6	Win
34	9	19	84	35.82	48	-48	0	Lose
35	6	44	17	27.53	40	-47	0	Lose
36	-4	55	67	48.05	68	62	0	Win
37	3	33	1	28	48	-44	0	Lose
38	-1	8	62	43.04	68	61	0	Win
39	-6	29	56	60.52	100	67	6	Win
40	-5	21	10	43.14	68	64	0	Win
41	-1	11	96	43.05	68	61	0	Win
42	7	91	14	24.5	36	-48	0	Lose
43	8	9	66	32.99	52	58	0	Win
44	3	64	78	43.27	60	57	0	Win
45	4	11	31	27.92	48	-43	0	Lose
46	-3	57	11	64.31	76	65	0	Win
47	-5	56	83	49.26	68	64	0	Win
48	-5	3	16	61.8	100	66	6	Win
49	4	19	28	23.05	40	-45	0	Lose
50	-4	3	68	44.88	68	62	0	Win

Data Penyerangan 30 Range Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	23.38	32	-51	0	Lose
2	2	37	20	16.09	20	-35	0	Lose
3	-5	88	67	22.83	28	-44	0	Lose
4	2	76	61	22.04	24	-34	0	Lose
5	9	8	58	17.12	20	-26	0	Lose
6	8	11	7	12.95	16	-27	0	Lose
7	4	60	25	18.99	20	-32	0	Lose
8	-9	77	84	22.62	32	-50	0	Lose
9	-6	39	94	22.71	32	-46	0	Lose
10	-4	2	18	18.90	28	-44	0	Lose
11	-7	56	27	17.90	28	-48	0	Lose
12	8	14	1	12.91	16	-27	0	Lose
13	2	98	2	12.99	12	-34	0	Lose
14	-2	84	69	22.90	24	-39	0	Lose
15	-6	40	97	22.69	32	-46	0	Lose
16	8	58	59	18.99	20	-27	0	Lose
17	-4	41	55	20.22	28	-43	0	Lose
18	-10	54	39	22.68	32	-51	0	Lose
19	1	6	55	17.92	28	-38	0	Lose
20	-1	44	62	21.69	32	-40	0	Lose
21	2	53	98	22.84	28	-35	0	Lose
22	-10	30	64	22.68	32	-51	0	Lose
23	0	62	52	22.16	28	-38	0	Lose
24	3	30	87	21.95	28	-34	0	Lose
25	9	54	20	12.97	12	-25	0	Lose
26	8	14	55	22.85	28	-28	0	Lose
27	7	45	67	20.04	20	-28	0	Lose
28	9	96	3	13.10	12	-25	0	Lose
29	-2	44	39	17.89	24	-41	0	Lose
30	7	5	0	12.88	16	-29	0	Lose
31	9	95	34	17.88	16	-25	0	Lose
32	1	25	68	20.93	28	-37	0	Lose
33	-6	22	56	18.91	28	-46	0	Lose
34	9	19	84	20.55	24	-26	0	Lose
35	6	44	17	14.89	16	-29	0	Lose
36	-4	55	67	22.61	32	-44	0	Lose
37	3	33	1	12.88	20	-35	0	Lose
38	-1	8	62	20.51	32	-41	0	Lose
39	-6	29	56	18.93	28	-46	0	Lose
40	-5	21	10	19.70	24	-44	0	Lose
41	-1	11	96	22.70	32	-40	0	Lose
42	7	91	14	17.85	16	-27	0	Lose
43	8	9	66	16.09	20	-28	0	Lose
44	3	64	78	21.06	24	-33	0	Lose
45	4	11	31	16.08	20	-33	0	Lose
46	-3	57	11	17.90	20	-41	0	Lose
47	-5	56	83	22.69	32	-45	0	Lose
48	-5	3	16	18.89	28	-45	0	Lose
49	4	19	28	16.92	20	-32	0	Lose
50	-4	3	68	22.91	32	-44	0	Lose

Data Penyerangan 30 Range Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	17.00	24	-39	0	Lose
2	2	37	20	12.84	16	-49	0	Lose
3	-5	88	67	12.83	16	-42	0	Lose
4	2	76	61	12.94	16	-50	0	Lose
5	9	8	58	12.95	16	-59	0	Lose
6	8	11	7	12.92	16	-59	0	Lose
7	4	60	25	12.94	16	-53	0	Lose
8	-9	77	84	12.85	20	-42	0	Lose
9	-6	39	94	12.88	20	-42	0	Lose
10	-4	2	18	12.84	20	-42	0	Lose
11	-7	56	27	17.78	24	-40	0	Lose
12	8	14	1	12.93	16	-59	0	Lose
13	2	98	2	13.02	16	-50	0	Lose
14	-2	84	69	12.94	16	-45	0	Lose
15	-6	40	97	12.83	20	-42	0	Lose
16	8	58	59	12.98	16	-59	0	Lose
17	-4	41	55	12.87	20	-42	0	Lose
18	-10	54	39	20.92	28	-37	0	Lose
19	1	6	55	12.86	20	-45	0	Lose
20	-1	44	62	12.85	20	-42	0	Lose
21	2	53	98	13.93	20	-48	0	Lose
22	-10	30	64	19.91	28	-37	0	Lose
23	0	62	52	12.86	16	-45	0	Lose
24	3	30	87	12.86	20	-50	0	Lose
25	9	54	20	12.96	16	-59	0	Lose
26	8	14	55	12.94	16	-59	0	Lose
27	7	45	67	12.94	16	-59	0	Lose
28	9	96	3	13.00	12	-62	0	Lose
29	-2	44	39	12.88	20	-42	0	Lose
30	7	5	0	12.93	16	-59	0	Lose
31	9	95	34	13.00	12	-62	0	Lose
32	1	25	68	12.85	16	-47	0	Lose
33	-6	22	56	12.88	20	-42	0	Lose
34	9	19	84	12.94	16	-59	0	Lose
35	6	44	17	12.94	16	-57	0	Lose
36	-4	55	67	12.85	20	-42	0	Lose
37	3	33	1	12.87	16	-52	0	Lose
38	-1	8	62	12.85	20	-42	0	Lose
39	-6	29	56	12.85	20	-42	0	Lose
40	-5	21	10	12.85	20	-41	0	Lose
41	-1	11	96	12.87	20	-42	0	Lose
42	7	91	14	13.02	12	-62	0	Lose
43	8	9	66	12.93	16	-59	0	Lose
44	3	64	78	12.94	16	-52	0	Lose
45	4	11	31	12.88	16	-53	0	Lose
46	-3	57	11	12.88	16	-45	0	Lose
47	-5	56	83	12.87	20	-41	0	Lose
48	-5	3	16	12.85	20	-41	0	Lose
49	4	19	28	12.86	16	-53	0	Lose
50	-4	3	68	12.88	20	-42	0	Lose

Data Penyerangan Kombinasi Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	33.12	56	54	0	Win
2	2	37	20	30.69	40	-36	0	Lose
3	-5	88	67	33.46	44	-45	0	Lose
4	2	76	61	31.33	40	-36	0	Lose
5	9	8	58	29.64	40	-28	0	Lose
6	8	11	7	22.78	40	-31	0	Lose
7	4	60	25	25.65	40	-47	0	Lose
8	-9	77	84	40.99	56	51	0	Win
9	-6	39	94	38.12	56	48	0	Win
10	-4	2	18	32.93	52	46	0	Win
11	-7	56	27	32.56	52	50	0	Win
12	8	14	1	27.75	40	-29	0	Lose
13	2	98	2	27.79	40	-37	0	Lose
14	-2	84	69	29.43	44	-42	0	Lose
15	-6	40	97	38.93	60	49	0	Win
16	8	58	59	31.62	40	-28	0	Lose
17	-4	41	55	33.12	52	46	0	Win
18	-10	54	39	34.34	52	53	0	Win
19	1	6	55	31.31	48	-39	0	Lose
20	-1	44	62	33.92	48	-41	0	Lose
21	2	53	98	31.76	44	-37	0	Lose
22	-10	30	64	66.1	80	51	0	Win
23	0	62	52	30.42	44	-40	0	Lose
24	3	30	87	32.74	48	-36	0	Lose
25	9	54	20	25.82	32	-27	0	Lose
26	8	14	55	29.72	44	-30	0	Lose
27	7	45	67	32.24	40	-29	0	Lose
28	9	96	3	25.86	28	-26	0	Lose
29	-2	44	39	29.63	44	-42	0	Lose
30	7	5	0	22.73	40	-32	0	Lose
31	9	95	34	27.52	32	-26	0	Lose
32	1	25	68	34.49	48	-38	0	Lose
33	-6	22	56	33.16	52	48	0	Win
34	9	19	84	30.7	44	-28	0	Lose
35	6	44	17	29.53	40	-31	0	Lose
36	-4	55	67	36.46	48	-44	0	Lose
37	3	33	1	27.81	40	-36	0	Lose
38	-1	8	62	31.34	52	43	0	Win
39	-6	29	56	33.13	52	48	0	Win
40	-5	21	10	31.42	52	48	0	Win
41	-1	11	96	34.01	52	42	0	Win
42	7	91	14	27.44	32	-29	0	Lose
43	8	9	66	26.62	44	-31	0	Lose
44	3	64	78	32.93	48	-36	0	Lose
45	4	11	31	28.66	44	-35	0	Lose
46	-3	57	11	29.71	44	-43	0	Lose
47	-5	56	83	38.16	48	-45	0	Lose
48	-5	3	16	33.1	52	47	0	Win
49	4	19	28	30.52	40	-34	0	Lose
50	-4	3	68	35.42	52	45	0	Win

Data Penyerangan Kombinasi Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	29.78	48	-23	0	Lose
2	2	37	20	22.72	40	-45	0	Lose
3	-5	88	67	27.6	44	-39	0	Lose
4	2	76	61	24.56	40	-46	0	Lose
5	9	8	58	22.83	32	-49	0	Lose
6	8	11	7	22.82	32	-49	0	Lose
7	4	60	25	25.57	40	-47	0	Lose
8	-9	77	84	28.17	44	-27	0	Lose
9	-6	39	94	25.22	44	-36	0	Lose
10	-4	2	18	24.23	44	-40	0	Lose
11	-7	56	27	25.72	44	-34	0	Lose
12	8	14	1	22.85	32	-49	0	Lose
13	2	98	2	19.34	28	-44	0	Lose
14	-2	84	69	27.75	40	-43	0	Lose
15	-6	40	97	27.72	48	-36	0	Lose
16	8	58	59	22.81	28	-51	0	Lose
17	-4	41	55	23.54	40	-40	0	Lose
18	-10	54	39	33.11	52	80	0	Win
19	1	6	55	22.71	40	-42	0	Lose
20	-1	44	62	23.51	40	-40	0	Lose
21	2	53	98	26.54	40	-47	0	Lose
22	-10	30	64	33.31	52	80	0	Win
23	0	62	52	24.83	40	-41	0	Lose
24	3	30	87	25.79	40	-47	0	Lose
25	9	54	20	22.85	32	-49	0	Lose
26	8	14	55	26.27	36	-49	0	Lose
27	7	45	67	25.62	40	-47	0	Lose
28	9	96	3	22.89	24	-52	0	Lose
29	-2	44	39	22.66	40	-39	0	Lose
30	7	5	0	22.91	32	-49	0	Lose
31	9	95	34	22.87	24	-52	0	Lose
32	1	25	68	25.32	40	-44	0	Lose
33	-6	22	56	31.26	52	67	0	Win
34	9	19	84	22.83	32	-49	0	Lose
35	6	44	17	25.7	36	-49	0	Lose
36	-4	55	67	27.27	44	-42	0	Lose
37	3	33	1	24.71	40	-46	0	Lose
38	-1	8	62	23.53	40	-40	0	Lose
39	-6	29	56	31.33	52	67	0	Win
40	-5	21	10	25.8	44	-39	0	Lose
41	-1	11	96	27.73	48	-43	0	Lose
42	7	91	14	22.89	32	-49	0	Lose
43	8	9	66	25.66	40	-47	0	Lose
44	3	64	78	24.57	40	-46	0	Lose
45	4	11	31	24.74	40	-46	0	Lose
46	-3	57	11	23.34	40	-40	0	Lose
47	-5	56	83	28.38	40	-39	0	Lose
48	-5	3	16	24.22	44	-39	0	Lose
49	4	19	28	23.92	40	-46	0	Lose
50	-4	3	68	24.23	44	-40	0	Lose

Lampiran 3 : Data Pengujian Serangan Dua Sisi

Data Penyerangan 30 Melee Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	31.96	100	83	21	Win
2	2	37	20	55.58	100	51	8	Win
3	-5	88	67	41.82	100	72	19	Win
4	2	76	61	57.03	80	39	0	Win
5	9	8	58	51.99	80	31	0	Win
6	8	11	7	53.63	100	46	11	Win
7	4	60	25	81.00	100	35	1	Win
8	-9	77	84	36.66	100	81	21	Win
9	-6	39	94	34.83	100	67	19	Win
10	-4	2	18	34.45	100	72	18	Win
11	-7	56	27	37.03	100	70	18	Win
12	8	14	1	41.88	64	58	0	Win
13	2	98	2	42.06	64	58	0	Win
14	-2	84	69	51.24	100	58	11	Win
15	-6	40	97	34.80	100	67	19	Win
16	8	58	59	49.31	68	60	0	Win
17	-4	41	55	36.14	100	74	20	Win
18	-10	54	39	32.63	100	65	22	Win
19	1	6	55	37.04	100	65	18	Win
20	-1	44	62	39.76	100	67	18	Win
21	2	53	98	41.21	100	64	19	Win
22	-10	30	64	31.70	100	85	23	Win
23	0	62	52	47.08	100	60	13	Win
24	3	30	87	40.48	100	62	18	Win
25	9	54	20	42.16	68	31	0	Win
26	8	14	55	46.96	76	33	0	Win
27	7	45	67	51.94	84	35	0	Win
28	9	96	3	47.33	56	27	0	Win
29	-2	44	39	39.68	100	68	18	Win
30	7	5	0	46.98	76	34	0	Win
31	9	95	34	47.86	60	27	0	Win
32	1	25	68	40.05	100	64	17	Win
33	-6	22	56	32.97	100	79	22	Win
34	9	19	84	51.54	100	46	11	Win
35	6	44	17	79.48	88	29	0	Win
36	-4	55	67	37.74	100	73	20	Win
37	3	33	1	46.93	76	39	0	Win
38	-1	8	62	35.01	100	70	20	Win
39	-6	29	56	33.88	100	78	21	Win
40	-5	21	10	37.26	100	72	17	Win
41	-1	11	96	33.89	100	72	22	Win
42	7	91	14	44.34	60	31	0	Win
43	8	9	66	42.95	100	53	16	Win
44	3	64	78	46.98	100	58	15	Win
45	4	11	31	46.63	100	54	12	Win
46	-3	57	11	41.58	100	68	17	Win
47	-5	56	83	37.64	100	74	20	Win
48	-5	3	16	33.83	100	75	19	Win
49	4	19	28	48.81	100	53	11	Win
50	-4	3	68	32.18	100	76	22	Win

Data Penyerangan 30 Melee Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	34.95	100	71	19	Win
2	2	37	20	47.77	100	63	8	Win
3	-5	88	67	42.38	100	64	15	Win
4	2	76	61	56.06	100	63	8	Win
5	9	8	58	64.97	76	64	0	Win
6	8	11	7	41.87	64	58	0	Win
7	4	60	25	70.12	84	68	0	Win
8	-9	77	84	36.59	100	73	18	Win
9	-6	39	94	35	100	67	20	Win
10	-4	2	18	34.42	100	61	18	Win
11	-7	56	27	36.96	100	70	19	Win
12	8	14	1	41.88	64	58	0	Win
13	2	98	2	42.06	60	56	0	Win
14	-2	84	69	55.53	100	63	8	Win
15	-6	40	97	34.98	100	67	19	Win
16	8	58	59	47.27	68	60	0	Win
17	-4	41	55	35.74	100	61	17	Win
18	-10	54	39	32.98	100	67	21	Win
19	1	6	55	38.23	100	55	15	Win
20	-1	44	62	34.42	100	57	18	Win
21	2	53	98	40.61	100	56	16	Win
22	-10	30	64	33.42	100	65	22	Win
23	0	62	52	48.86	100	63	8	Win
24	3	30	87	42.45	100	59	15	Win
25	9	54	20	37.16	60	56	0	Win
26	8	14	55	48.01	72	62	0	Win
27	7	45	67	67.84	100	67	5	Win
28	9	96	3	34.85	40	-52	0	Lose
29	-2	44	39	35.38	100	57	18	Win
30	7	5	0	47	68	60	0	Win
31	9	95	34	34.85	40	-52	0	Lose
32	1	25	68	39.12	100	55	16	Win
33	-6	22	56	34.45	100	67	18	Win
34	9	19	84	66.98	76	64	0	Win
35	6	44	17	69.1	84	67	0	Win
36	-4	55	67	37	100	61	18	Win
37	3	33	1	46	100	59	11	Win
38	-1	8	62	35.34	100	57	17	Win
39	-6	29	56	34.95	100	67	19	Win
40	-5	21	10	36.09	100	64	18	Win
41	-1	11	96	34.71	100	57	18	Win
42	7	91	14	57.13	56	55	0	Win
43	8	9	66	50.3	80	67	0	Win
44	3	64	78	55.38	80	67	0	Win
45	4	11	31	41.92	76	64	0	Win
46	-3	57	11	37.59	100	59	17	Win
47	-5	56	83	38.09	100	64	17	Win
48	-5	3	16	35.43	100	64	18	Win
49	4	19	28	41.93	76	64	0	Win
50	-4	3	68	34.46	100	61	18	Win

Data Penyerangan 30 Range Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	30.00	36	-50	0	Lose
2	2	37	20	22.82	28	-35	0	Lose
3	-5	88	67	27.02	36	-45	0	Lose
4	2	76	61	25.88	28	-34	0	Lose
5	9	8	58	22.02	28	-27	0	Lose
6	8	11	7	22.02	28	-28	0	Lose
7	4	60	25	21.12	28	-33	0	Lose
8	-9	77	84	27.01	28	-48	0	Lose
9	-6	39	94	31.01	32	-44	0	Lose
10	-4	2	18	21.81	28	-43	0	Lose
11	-7	56	27	28.99	36	-47	0	Lose
12	8	14	1	19.50	20	-27	0	Lose
13	2	98	2	21.23	20	-34	0	Lose
14	-2	84	69	27.92	28	-39	0	Lose
15	-6	40	97	28.02	28	-44	0	Lose
16	8	58	59	21.36	24	-27	0	Lose
17	-4	41	55	32.02	44	-44	0	Lose
18	-10	54	39	30.01	36	-50	0	Lose
19	1	6	55	25.96	28	-36	0	Lose
20	-1	44	62	28.09	32	-38	0	Lose
21	2	53	98	31.25	36	-35	0	Lose
22	-10	30	64	31.01	36	-50	0	Lose
23	0	62	52	26.91	28	-37	0	Lose
24	3	30	87	26.62	32	-34	0	Lose
25	9	54	20	20.17	24	-26	0	Lose
26	8	14	55	22.07	28	-28	0	Lose
27	7	45	67	22.11	28	-29	0	Lose
28	9	96	3	21.32	16	-24	0	Lose
29	-2	44	39	25.97	28	-39	0	Lose
30	7	5	0	20.07	28	-30	0	Lose
31	9	95	34	21.32	20	-25	0	Lose
32	1	25	68	28.99	36	-37	0	Lose
33	-6	22	56	29.03	36	-45	0	Lose
34	9	19	84	24.84	28	-26	0	Lose
35	6	44	17	20.53	28	-31	0	Lose
36	-4	55	67	34.06	44	-44	0	Lose
37	3	33	1	21.00	28	-34	0	Lose
38	-1	8	62	25.97	28	-38	0	Lose
39	-6	29	56	29.03	36	-45	0	Lose
40	-5	21	10	20.00	28	-45	0	Lose
41	-1	11	96	25.96	28	-38	0	Lose
42	7	91	14	21.74	20	-27	0	Lose
43	8	9	66	22.81	28	-28	0	Lose
44	3	64	78	27.08	28	-33	0	Lose
45	4	11	31	23.04	28	-33	0	Lose
46	-3	57	11	23.04	28	-41	0	Lose
47	-5	56	83	32.02	40	-44	0	Lose
48	-5	3	16	22.02	28	-44	0	Lose
49	4	19	28	23.83	28	-32	0	Lose
50	-4	3	68	28.01	36	-43	0	Lose

Data Penyerangan 30 Range Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	27.11	40	-30	0	Lose
2	2	37	20	21.29	28	-44	0	Lose
3	-5	88	67	29.42	36	-44	0	Lose
4	2	76	61	18.13	20	-48	0	Lose
5	9	8	58	22.04	28	-27	0	Lose
6	8	11	7	17.49	20	-55	0	Lose
7	4	60	25	18.99	20	-52	0	Lose
8	-9	77	84	20.84	28	-37	0	Lose
9	-6	39	94	20.84	28	-37	0	Lose
10	-4	2	18	19.98	28	-37	0	Lose
11	-7	56	27	21.17	28	-38	0	Lose
12	8	14	1	19.00	20	-55	0	Lose
13	2	98	2	19.14	16	-49	0	Lose
14	-2	84	69	18.19	20	-42	0	Lose
15	-6	40	97	21.00	28	-38	0	Lose
16	8	58	59	20.02	20	-55	0	Lose
17	-4	41	55	17.01	28	-37	0	Lose
18	-10	54	39	32.03	44	-26	0	Lose
19	1	6	55	21.29	28	-42	0	Lose
20	-1	44	62	17.03	28	-37	0	Lose
21	2	53	98	20.85	28	-44	0	Lose
22	-10	30	64	31.03	44	-27	0	Lose
23	0	62	52	20.8	28	-38	0	Lose
24	3	30	87	20.83	28	-47	0	Lose
25	9	54	20	19.15	20	-55	0	Lose
26	8	14	55	17.47	20	-55	0	Lose
27	7	45	67	18.13	20	-55	0	Lose
28	9	96	3	19.62	16	-57	0	Lose
29	-2	44	39	17.04	28	-37	0	Lose
30	7	5	0	19.01	20	-55	0	Lose
31	9	95	34	20.64	16	-56	0	Lose
32	1	25	68	19.77	28	-41	0	Lose
33	-6	22	56	24.64	32	-37	0	Lose
34	9	19	84	18.12	20	-55	0	Lose
35	6	44	17	18.13	20	-55	0	Lose
36	-4	55	67	20.86	28	-38	0	Lose
37	3	33	1	19.79	28	-46	0	Lose
38	-1	8	62	19.99	28	-37	0	Lose
39	-6	29	56	19.10	28	-37	0	Lose
40	-5	21	10	17.05	28	-38	0	Lose
41	-1	11	96	20.85	28	-38	0	Lose
42	7	91	14	20.02	16	-57	0	Lose
43	8	9	66	18.12	20	-55	0	Lose
44	3	64	78	19.86	24	-48	0	Lose
45	4	11	31	20.77	28	-49	0	Lose
46	-3	57	11	21.79	28	-39	0	Lose
47	-5	56	83	20.91	28	-38	0	Lose
48	-5	3	16	19.80	28	-38	0	Lose
49	4	19	28	18.99	24	-50	0	Lose
50	-4	3	68	19.11	28	-37	0	Lose

Data Penyerangan Kombinasi Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	46.79	72	55	0	Win
2	2	37	20	58.23	60	33	0	Win
3	-5	88	67	48.58	68	47	0	Win
4	2	76	61	58.28	60	33	0	Win
5	9	8	58	61.8	60	24	0	Win
6	8	11	7	86.59	60	18	0	Win
7	4	60	25	74.52	60	26	0	Win
8	-9	77	84	53.75	68	50	0	Win
9	-6	39	94	55.77	100	62	10	Win
10	-4	2	18	41.6	68	47	0	Win
11	-7	56	27	47.00	68	50	0	Win
12	8	14	1	32.05	52	31	0	Win
13	2	98	2	37.00	52	37	0	Win
14	-2	84	69	52.15	64	41	0	Win
15	-6	40	97	54.47	76	48	0	Win
16	8	58	59	77.64	60	20	0	Win
17	-4	41	55	44.52	68	47	0	Win
18	-10	54	39	45.46	68	54	0	Win
19	1	6	55	45.23	72	41	0	Win
20	-1	44	62	45.56	68	43	0	Win
21	2	53	98	47.32	68	38	0	Win
22	-10	30	64	46.48	100	72	13	Win
23	0	62	52	44.40	60	40	0	Win
24	3	30	87	42.09	60	37	0	Win
25	9	54	20	35.87	52	29	0	Win
26	8	14	55	60.73	60	25	0	Win
27	7	45	67	63.28	60	26	0	Win
28	9	96	3	36.35	48	-28	0	Lose
29	-2	44	39	45.97	64	43	0	Win
30	7	5	0	66.28	60	25	0	Win
31	9	95	34	33.28	48	-29	0	Lose
32	1	25	68	45.59	68	40	0	Win
33	-6	22	56	44.86	68	49	0	Win
34	9	19	84	60.09	60	24	0	Win
35	6	44	17	38.04	52	32	0	Win
36	-4	55	67	45.56	68	46	0	Win
37	3	33	1	78.15	60	27	0	Win
38	-1	8	62	50.29	76	43	0	Win
39	-6	29	56	44.48	68	49	0	Win
40	-5	21	10	39.98	68	49	0	Win
41	-1	11	96	44.68	68	43	0	Win
42	7	91	14	33.84	44	-30	0	Lose
43	8	9	66	56.86	60	26	0	Win
44	3	64	78	62.59	64	32	0	Win
45	4	11	31	48.08	60	34	0	Win
46	-3	57	11	54.08	60	41	0	Win
47	-5	56	83	46.92	68	47	0	Win
48	-5	3	16	41.92	68	49	0	Win
49	4	19	28	50.27	60	33	0	Win
50	-4	3	68	63.35	100	55	7	Win

Data Penyerangan Kombinasi Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	43.59	68	80	0	Win
2	2	37	20	46.2	60	56	0	Win
3	-5	88	67	42.11	60	64	0	Win
4	2	76	61	55.25	60	56	0	Win
5	9	8	58	67.18	60	58	0	Win
6	8	11	7	65.39	60	58	0	Win
7	4	60	25	59.05	60	58	0	Win
8	-9	77	84	40.46	68	75	0	Win
9	-6	39	94	41.93	68	67	0	Win
10	-4	2	18	37.00	64	61	0	Win
11	-7	56	27	38.42	60	70	0	Win
12	8	14	1	70.31	60	58	0	Win
13	2	98	2	35.97	52	56	0	Win
14	-2	84	69	57.89	60	57	0	Win
15	-6	40	97	40.44	68	67	0	Win
16	8	58	59	65.34	60	58	0	Win
17	-4	41	55	41.88	68	61	0	Win
18	-10	54	39	66.37	100	80	7	Win
19	1	6	55	46.83	60	56	0	Win
20	-1	44	62	40.26	64	58	0	Win
21	2	53	98	43.47	68	60	0	Win
22	-10	30	64	43.77	68	80	0	Win
23	0	62	52	33.95	52	57	0	Win
24	3	30	87	42.05	64	58	0	Win
25	9	54	20	58.18	60	57	0	Win
26	8	14	55	63.25	60	58	0	Win
27	7	45	67	69.61	60	58	0	Win
28	9	96	3	33.86	40	-51	0	Lose
29	-2	44	39	41.22	64	58	0	Win
30	7	5	0	58.31	60	57	0	Win
31	9	95	34	31.19	40	-50	0	Lose
32	1	25	68	52.78	64	58	0	Win
33	-6	22	56	39.8	68	67	0	Win
34	9	19	84	71.26	60	58	0	Win
35	6	44	17	36.06	52	57	0	Win
36	-4	55	67	41.86	68	61	0	Win
37	3	33	1	30.9	52	59	0	Win
38	-1	8	62	41.29	64	58	0	Win
39	-6	29	56	40.71	68	67	0	Win
40	-5	21	10	52.8	60	64	0	Win
41	-1	11	96	38.86	64	58	0	Win
42	7	91	14	34.08	44	-49	0	Lose
43	8	9	66	62.27	60	57	0	Win
44	3	64	78	54.91	60	57	0	Win
45	4	11	31	33.94	52	58	0	Win
46	-3	57	11	54.02	60	59	0	Win
47	-5	56	83	43.44	68	64	0	Win
48	-5	3	16	37.03	64	64	0	Win
49	4	19	28	33.92	52	58	0	Win
50	-4	3	68	37.82	64	61	0	Win

Lampiran 4 : Data Pengujian Serangan Empat Sisi

Data Penyerangan 30 Melee Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	32.33	100	78	15	Win
2	2	37	20	66.22	96	40	0	Win
3	-5	88	67	46.36	100	65	11	Win
4	2	76	61	68.59	84	67	0	Win
5	9	8	58	60.45	84	30	0	Win
6	8	11	7	39.86	72	34	0	Win
7	4	60	25	43.00	68	37	0	Win
8	-9	77	84	34.41	100	80	19	Win
9	-6	39	94	31.91	100	76	19	Win
10	-4	2	18	33.09	100	70	15	Win
11	-7	56	27	38.58	100	70	12	Win
12	8	14	1	39.12	64	32	0	Win
13	2	98	2	36.24	56	38	0	Win
14	-2	84	69	56.78	100	53	5	Win
15	-6	40	97	32.14	100	76	19	Win
16	8	58	59	42.35	60	30	0	Win
17	-4	41	55	37.06	100	68	14	Win
18	-10	54	39	32.91	100	80	18	Win
19	1	6	55	38.86	100	61	13	Win
20	-1	44	62	42.78	100	61	12	Win
21	2	53	98	44.35	100	57	12	Win
22	-10	30	64	29.62	100	82	19	Win
23	0	62	52	51.96	100	53	7	Win
24	3	30	87	43.20	100	56	12	Win
25	9	54	20	36.21	56	30	0	Win
26	8	14	55	46.33	80	34	0	Win
27	7	45	67	51.55	72	32	0	Win
28	9	96	3	36.80	44	-27	0	Lose
29	-2	44	39	42.64	100	63	12	Win
30	7	5	0	38.06	68	35	0	Win
31	9	95	34	39.09	48	-27	0	Lose
32	1	25	68	40.97	100	59	12	Win
33	-6	22	56	31.78	100	76	18	Win
34	9	19	84	52.50	88	33	0	Win
35	6	44	17	37.07	64	35	0	Win
36	-4	55	67	39.11	100	66	12	Win
37	3	33	1	41.55	68	39	0	Win
38	-1	8	62	35.05	100	65	14	Win
39	-6	29	56	33.28	100	74	17	Win
40	-5	21	10	36.09	100	69	13	Win
41	-1	11	96	33.17	100	68	17	Win
42	7	91	14	37.75	52	31	0	Win
43	8	9	66	54.01	100	41	5	Win
44	3	64	78	56.29	80	38	0	Win
45	4	11	31	43.74	100	53	10	Win
46	-3	57	11	46.84	100	60	9	Win
47	-5	56	83	36.27	100	72	16	Win
48	-10	25	10	32.33	100	78	15	Win
49	2	37	20	66.22	96	40	0	Win
50	-5	88	67	46.36	100	65	11	Win

Data Penyerangan 30 Melee Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	35.78	100	80	13	Win
2	2	37	20	36.37	68	60	0	Win
3	-5	88	67	45.06	100	64	10	Win
4	2	76	61	60.61	88	70	0	Win
5	9	8	58	38.67	60	56	0	Win
6	8	11	7	37.68	60	56	0	Win
7	4	60	25	39.19	68	61	0	Win
8	-9	77	84	35.61	100	76	14	Win
9	-6	39	94	33.20	100	67	16	Win
10	-4	2	18	34.66	100	61	14	Win
11	-7	56	27	41.10	100	69	10	Win
12	8	14	1	37.17	56	56	0	Win
13	2	98	2	37.41	52	56	0	Win
14	-2	84	69	56.31	88	71	0	Win
15	-6	40	97	33.66	100	67	15	Win
16	8	58	59	41.99	68	60	0	Win
17	-4	41	55	35.56	100	61	13	Win
18	-10	54	39	31.91	100	74	17	Win
19	1	6	55	46.51	80	67	0	Win
20	-1	44	62	36.36	100	56	12	Win
21	2	53	98	39.17	100	56	13	Win
22	-10	30	64	34.36	100	80	14	Win
23	0	62	52	43.36	80	67	0	Win
24	3	30	87	44.08	100	60	10	Win
25	9	54	20	38.19	56	55	0	Win
26	8	14	55	37.3	56	56	0	Win
27	7	45	67	52.58	76	64	0	Win
28	9	96	3	36.45	36	-54	0	Lose
29	-2	44	39	35.25	100	57	13	Win
30	7	5	0	37.20	56	56	0	Win
31	9	95	34	36.26	36	-54	0	Lose
32	1	25	68	37.85	100	56	12	Win
33	-6	22	56	34.84	100	67	14	Win
34	9	19	84	36.14	56	56	0	Win
35	6	44	17	37.10	64	59	0	Win
36	-4	55	67	38.41	100	61	12	Win
37	3	33	1	37.79	72	62	0	Win
38	-1	8	62	34.51	100	57	14	Win
39	-6	29	56	35.5	100	67	13	Win
40	-5	21	10	35.78	100	64	13	Win
41	-1	11	96	34.29	100	57	14	Win
42	7	91	14	36.52	44	-51	0	Lose
43	8	9	66	42.05	68	60	0	Win
44	3	64	78	60.96	100	71	3	Win
45	4	11	31	39.44	72	62	0	Win
46	-3	57	11	42.19	100	61	9	Win
47	-5	56	83	38.01	100	64	13	Win
48	-5	3	16	35.39	100	64	13	Win
49	4	19	28	42.11	76	64	0	Win
50	-4	3	68	35.39	100	61	13	Win

Data Penyerangan 30 Range Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	26.37	28	-51	0	Lose
2	2	37	20	20.95	16	-34	0	Lose
3	-5	88	67	20.00	20	-41	0	Lose
4	2	76	61	23.05	20	-35	0	Lose
5	9	8	58	20.79	12	-24	0	Lose
6	8	11	7	20.03	8	-25	0	Lose
7	4	60	25	20.00	8	-30	0	Lose
8	-9	77	84	26.44	20	-48	0	Lose
9	-6	39	94	26.31	20	-44	0	Lose
10	-4	2	18	20.90	20	-43	0	Lose
11	-7	56	27	26.28	20	-45	0	Lose
12	8	14	1	20.02	8	-25	0	Lose
13	2	98	2	20.06	8	-32	0	Lose
14	-2	84	69	23.94	20	-40	0	Lose
15	-6	40	97	26.27	20	-44	0	Lose
16	8	58	59	20.95	12	-26	0	Lose
17	-4	41	55	26.35	20	-42	0	Lose
18	-10	54	39	26.34	20	-49	0	Lose
19	1	6	55	22.00	20	-36	0	Lose
20	-1	44	62	26.31	20	-38	0	Lose
21	2	53	98	26.19	20	-34	0	Lose
22	-10	30	64	26.49	28	-51	0	Lose
23	0	62	52	22.89	20	-37	0	Lose
24	3	30	87	26.37	20	-33	0	Lose
25	9	54	20	19.95	8	-24	0	Lose
26	8	14	55	20.84	16	-27	0	Lose
27	7	45	67	20.89	12	-27	0	Lose
28	9	96	3	19.99	4	-23	0	Lose
29	-2	44	39	22.03	20	-40	0	Lose
30	7	5	0	19.96	20	-29	0	Lose
31	9	95	34	20.07	8	-24	0	Lose
32	1	25	68	26.26	20	-35	0	Lose
33	-6	22	56	26.38	24	-45	0	Lose
34	9	19	84	20.84	12	-24	0	Lose
35	6	44	17	20.03	8	-27	0	Lose
36	-4	55	67	25.12	20	-42	0	Lose
37	3	33	1	19.97	8	-31	0	Lose
38	-1	8	62	25.02	24	-39	0	Lose
39	-5	21	10	20.84	20	-44	0	Lose
40	-5	21	10	20.8	20	-44	0	Lose
41	-1	11	96	26.34	20	-38	0	Lose
42	7	91	14	20.05	8	-26	0	Lose
43	8	9	66	20.80	12	-26	0	Lose
44	3	64	78	23.87	20	-33	0	Lose
45	4	11	31	20.81	20	-33	0	Lose
46	-3	57	11	20.85	20	-41	0	Lose
47	-5	56	83	26.40	20	-43	0	Lose
48	-5	3	16	20.86	20	-44	0	Lose
49	4	19	28	20.91	20	-33	0	Lose
50	-4	3	68	26.35	24	-43	0	Lose

Data Penyerangan 30 Range Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	23.94	20	-42	0	Lose
2	2	37	20	16.5	16	-50	0	Lose
3	-5	88	67	19.99	20	-41	0	Lose
4	2	76	61	16.61	8	-53	0	Lose
5	9	8	58	16.59	8	-66	0	Lose
6	8	11	7	16.56	8	-66	0	Lose
7	4	60	25	16.55	12	-55	0	Lose
8	-9	77	84	20.82	20	-42	0	Lose
9	-6	39	94	19.74	20	-42	0	Lose
10	-4	2	18	16.52	16	-44	0	Lose
11	-7	56	27	21.47	20	-42	0	Lose
12	8	14	1	16.58	8	-66	0	Lose
13	2	98	2	16.63	8	-53	0	Lose
14	-2	84	69	16.95	8	-48	0	Lose
15	-6	40	97	19.85	20	-42	0	Lose
16	8	58	59	16.6	8	-66	0	Lose
17	-4	41	55	16.53	16	-44	0	Lose
18	-10	54	39	26.10	28	-37	0	Lose
19	1	6	55	16.55	16	-47	0	Lose
20	-1	44	62	16.52	16	-45	0	Lose
21	2	53	98	20.77	20	-48	0	Lose
22	-10	30	64	25.86	28	-37	0	Lose
23	0	62	52	16.52	16	-45	0	Lose
24	3	30	87	20.89	20	-50	0	Lose
25	9	54	20	16.56	8	-66	0	Lose
26	8	14	55	16.61	8	-66	0	Lose
27	7	45	67	16.59	8	-64	0	Lose
28	9	96	3	16.61	4	-71	0	Lose
29	-2	44	39	16.53	16	-45	0	Lose
30	7	5	0	16.61	8	-64	0	Lose
31	9	95	34	16.64	4	-71	0	Lose
32	1	25	68	16.55	16	-47	0	Lose
33	-6	22	56	19.82	20	-42	0	Lose
34	9	19	84	16.61	8	-66	0	Lose
35	6	44	17	16.57	12	-59	0	Lose
36	-4	55	67	19.83	20	-42	0	Lose
37	3	33	1	16.56	16	-52	0	Lose
38	-1	8	62	16.54	16	-45	0	Lose
39	-6	29	56	20.86	20	-42	0	Lose
40	-5	21	10	16.51	16	-42	0	Lose
41	-1	11	96	20.90	20	-42	0	Lose
42	7	91	14	16.56	8	-64	0	Lose
43	8	9	66	16.60	8	-66	0	Lose
44	3	64	78	16.56	12	-53	0	Lose
45	4	11	31	19.01	20	-52	0	Lose
46	-3	57	11	19.02	20	-42	0	Lose
47	-5	56	83	19.92	20	-41	0	Lose
48	-5	3	16	16.52	16	-42	0	Lose
49	4	19	28	16.54	16	-53	0	Lose
50	-4	3	68	19.82	20	-42	0	Lose

Data Penyerangan Kombinasi Troop Menggunakan Persamaan Linear

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	37.51	68	56	0	Win
2	2	37	20	34.11	52	38	0	Win
3	-5	88	67	38.22	64	49	0	Win
4	2	76	61	36.13	48	-36	0	Lose
5	9	8	58	32.96	48	-29	0	Lose
6	8	11	7	30.96	36	-27	0	Lose
7	4	60	25	31.91	40	-33	0	Lose
8	-9	77	84	43.67	72	54	0	Win
9	-6	39	94	39.13	64	50	0	Win
10	-4	2	18	35.18	68	49	0	Win
11	-7	56	27	35.06	64	52	0	Win
12	8	14	1	28.16	28	-26	0	Lose
13	2	98	2	30.13	20	-31	0	Lose
14	-2	84	69	38.2	60	44	0	Win
15	-6	40	97	45.39	84	53	0	Win
16	8	58	59	34.41	44	-28	0	Lose
17	-4	41	55	36.02	64	48	0	Win
18	-10	54	39	39.24	68	56	0	Win
19	1	6	55	35.02	64	42	0	Win
20	-1	44	62	36.61	64	44	0	Win
21	2	53	98	39.16	64	40	0	Win
22	-10	30	64	45.17	80	57	0	Win
23	0	62	52	36.18	48	-39	0	Lose
24	3	30	87	36.46	64	39	0	Win
25	9	54	20	31.08	20	-22	0	Lose
26	8	14	55	35.06	48	-29	0	Lose
27	7	45	67	33.02	44	-30	0	Lose
28	9	96	3	29.94	20	-22	0	Lose
29	-2	44	39	36.03	64	45	0	Win
30	7	5	0	30.89	36	-29	0	Lose
31	9	95	34	30.97	20	-22	0	Lose
32	1	25	68	36.07	64	42	0	Win
33	-6	22	56	39.46	72	52	0	Win
34	9	19	84	34.34	48	-28	0	Lose
35	6	44	17	30.34	32	-29	0	Lose
36	-4	55	67	38.18	64	47	0	Win
37	3	33	1	29.32	40	-35	0	Lose
38	-1	8	62	36.61	64	44	0	Win
39	-6	29	56	39.48	68	51	0	Win
40	-5	21	10	33.99	64	50	0	Win
41	-1	11	96	40.47	72	45	0	Win
42	7	91	14	31.05	20	-25	0	Lose
43	8	9	66	33.84	48	-30	0	Lose
44	3	64	78	36.19	48	-35	0	Lose
45	4	11	31	34.28	56	36	0	Win
46	-3	57	11	33.98	48	-43	0	Lose
47	-5	56	83	40.47	68	49	0	Win
48	-5	3	16	37.14	68	50	0	Win
49	4	19	28	33.07	52	36	0	Win
50	-4	3	68	41.22	80	51	0	Win

Data Penyerangan Kombinasi Troop Menggunakan *Fuzzy Inference System*

No	Selisih Level	Skor Penyerangan	Skor Pertahanan	Time	Building Destroyed	Exp	Troop Survive	Win or Lose
1	-10	25	10	36.21	64	80	0	Win
2	2	37	20	30.98	48	-46	0	Lose
3	-5	88	67	34.89	52	64	0	Win
4	2	76	61	32.83	48	-47	0	Lose
5	9	8	58	32.05	44	-49	0	Lose
6	8	11	7	31.03	40	-50	0	Lose
7	4	60	25	30.85	40	-49	0	Lose
8	-9	77	84	35.09	64	75	0	Win
9	-6	39	94	36.93	72	66	0	Win
10	-4	2	18	36.27	68	61	0	Win
11	-7	56	27	35.24	64	70	0	Win
12	8	14	1	29.34	40	-49	0	Lose
13	2	98	2	30.28	32	-49	0	Lose
14	-2	84	69	34.95	48	-47	0	Lose
15	-6	40	97	37.15	72	66	0	Win
16	8	58	59	32.05	48	-47	0	Lose
17	-4	41	55	36.56	68	61	0	Win
18	-10	54	39	39.4	68	80	0	Win
19	1	6	55	33.89	64	58	0	Win
20	-1	44	62	37.2	68	60	0	Win
21	2	53	98	34.84	60	57	0	Win
22	-10	30	64	37.9	72	80	0	Win
23	0	62	52	31.59	52	59	0	Win
24	3	30	87	33.99	60	58	0	Win
25	9	54	20	29.8	36	-51	0	Lose
26	8	14	55	33.38	48	-47	0	Lose
27	7	45	67	34.11	48	-47	0	Lose
28	9	96	3	31.56	16	-59	0	Lose
29	-2	44	39	35.23	64	58	0	Win
30	7	5	0	31.56	40	-50	0	Lose
31	9	95	34	31.56	20	-58	0	Lose
32	1	25	68	33.08	60	58	0	Win
33	-6	22	56	37.98	68	67	0	Win
34	9	19	84	32.04	48	-47	0	Lose
35	6	44	17	30.88	44	-47	0	Lose
36	-4	55	67	34.16	64	61	0	Win
37	3	33	1	31.07	48	-46	0	Lose
38	-1	8	62	34.24	64	58	0	Win
39	-6	29	56	37.29	72	66	0	Win
40	-5	21	10	36.98	72	64	0	Win
41	-1	11	96	37.94	72	62	0	Win
42	7	91	14	30.89	24	-56	0	Lose
43	8	9	66	33.14	48	-47	0	Lose
44	3	64	78	32.31	52	58	0	Win
45	4	11	31	30.14	44	-47	0	Lose
46	-3	57	11	33.99	60	59	0	Win
47	-5	56	83	36.28	68	64	0	Win
48	-5	3	16	37.21	68	64	0	Win
49	4	19	28	30.76	44	-47	0	Lose
50	-4	3	68	37.12	68	61	0	Win

BIOGRAFI PENULIS



Fajar Hariadi, Putra Terakhir dari keluarga besar Samsudin. Lahir di Jakarta, 9 September 1989. Mengenyam pendidikan dasar di SD Negeri 6 Banjar Jawa – Singaraja, Bali. Melanjutkan pendidikan tingkat menengah di SMP Negeri 1 Lewa dan SMA Negeri 1 Lewa – Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur. Tahun 2007 menempuh pendidikan S1 Teknik Elektro Universitas Nusa Cendana (UNDANA) dan lulus pada tahun 2012.

Untuk mencapai cita - cita penulis menjadi pengajar di lingkup Perguruan Tinggi, penulis meneruskan pendidikan Magister pada tahun 2013 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil bidang studi Jaringan Cerdas Multimedia dan mempelajari bidang keahlian Teknologi Permainan dan menyelesaikannya pada tahun 2015.

Contact person :

Telepon : 0853 3900 0949

Email : fajar_hariadi@yahoo.co.id